



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

**Facultad de Educación**

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CLASE DE FÍSICA Y LA  
CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE CONOCIMIENTO  
EL CASO DE LAS ESCALAS TERMOMÉTRICAS**

**YANETH LILIANA GIRALDO SUAREZ**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**MEDELLÍN**

**2014**



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

*La actividad experimental en la clase de física y la construcción social de conocimiento*

*Yaneth Liliana Giraldo Suárez*

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CLASE DE FÍSICA Y LA  
CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE CONOCIMIENTO**

**EL CASO DE LAS ESCALAS TERMOMÉTRICAS**

**YANETH LILIANA GIRALDO SUÁREZ**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN  
EDUCACIÓN**

**Línea de Educación en Ciencias Naturales**

**Asesor:**

**ÁNGEL ENRIQUE ROMERO CHACÓN**

**PhD. en Epistemología e Historia de las Ciencias y las Técnicas**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA**

**MEDELLÍN**

**2014**



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CLASE DE FÍSICA Y LA  
CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE CONOCIMIENTO**

**EL CASO DE LAS ESCALAS TERMOMÉTRICAS**

**YANETH LILIANA GIRALDO SUÁREZ**

**Asesor:**

**ÁNGEL ENRIQUE ROMERO CHACÓN**

**PhD. en Epistemología e Historia de las Ciencias y las Técnicas**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Firma del jurado**

**Medellín**

**2014**



*A mis padres: Esther y Ramiro, quienes a pesar de sus innumerables dificultades y carencias, siempre me han apoyado incondicionalmente en la persecución de mis díscolas utopías, a ellos por todo lo que han significado en mi vida, con todo mi amor y respeto.*



## AGRADECIMIENTOS

*Al profesor Ángel Enrique Romero Chacón asesor de mi tesis, quien fue el maestro de pregrado que sembró en mí la inquietud y la duda para continuar en el descubrimiento personal del vasto mundo de la ciencia, quien hizo que los espacios de formación se convirtieron en el motivo de mi agrado y esmero para ser hoy profesora de física; por su paciencia y dedicación para orientarme en éste nuevo camino de formación, pues sin sus valiosos aportes y constante respaldo no hubiese sido posible la culminación de éste trabajo de investigación.*

*A los profesores que hicieron parte de todo el proceso de formación de la maestría Luz Stella Mejía, Berta Lucila Henao y Yirsén Aguilar Mosquera, por su interés, tiempo y acertadas recomendaciones dadas durante todos los espacios en los cuales compartí mi experiencia académica.*

*Al grupo de investigación Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza – ECCE-, por el interés demostrado hacia mi trabajo de investigación, sus aportes y participación durante el desarrollo de todas las actividades.*

*Al profesor Edwin German García, de la Universidad del Valle y al grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad, por haberme permitido compartir los espacios académicos, en donde recibí su atención, comentarios y sugerencias, lo cual enriqueció mis ideas y me ayudó a consolidar la propuesta pedagógica de mi investigación.*

*A mis amigos y compañeros de maestría Paula Andrea Amelines Rico y Juan Diego Restrepo; por su confianza, apoyo incondicional, los aportes realizados a mi trabajo de investigación y enseñanzas tanto académicas como personales, que hicieron de éste tiempo de formación un agradable paso por la academia.*

*Al grupo de mis estudiantes de la Institución Educativa Rural Piedras Blancas, por haber participado con esmero de en mi propuesta pedagógica, y quienes me demostraron su cariño y respeto a través de su interés y acompañamiento durante todo el proceso.*

*A mi hermano y tío Humberto, por confiar en mí y respaldarme en todo sentido en éste proyecto. A mi esposo Wiston, mi compañero y amigo, por compartir con migo, el padecer que supone el acercamiento al conocimiento, quien ha contemplado con paciencia mi ausencia, mi desespero, ha comprendido y me ha alentado a continuar y no desfallecer ante mis limitaciones.*

*A la Universidad de Antioquia, mi salvadora, mi refugio, mi madre intelectual, por haberme sacado de los suburbios de la ignorancia, brindándome la posibilidad de ser otra distinta a la que la marginación social me había condenado, y por haberme hecho descubrir el gusto por el conocimiento y la academia.*



## RESUMEN

El trabajo de Investigación presenta los fundamentos teóricos y las contribuciones de una propuesta de enseñanza de la física surgida en el programa de Maestría en Educación, línea de Educación en Ciencias Naturales, de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia) e inscrita en la perspectiva de trabajos de investigación del grupo de Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza – ECCE- de la misma Universidad.

El Trabajo de Investigación tuvo como propósito general contribuir a las reflexiones sobre el proceso de construcción de conocimiento en la clase de física, a través de fundamentación teórica y el diseño e implementación de una propuesta pedagógica centrada en el papel del instrumento de medida en la construcción y formalización de fenómenos físicos en el marco de Actividades Experimentales. Las Actividades Experimentales fueron especialmente diseñadas para favorecer el carácter discursivo y argumentativo del conocimiento científico. Las actividades de aula propuestas son resultado de un análisis histórico-crítico de algunos episodios históricos y textos de primera fuente, que abordan el problema de la organización de los fenómenos térmicos y de la construcción y formalización de las magnitudes físicas asociadas.

En particular se realizó un análisis, de algunas explicaciones que sobre los fenómenos térmicos construyeron y explicitaron los estudiantes participantes durante el desarrollo de las actividades experimentales diseñadas. Se privilegió en este análisis el rol asignado al papel del instrumento como parte constitutiva en la organización de los fenómenos térmicos, y los procesos de construcción y formalización de la temperatura como magnitud intensiva que da cuenta del estado térmico.

Finalmente, se presentan algunas contribuciones para la enseñanza de la física que tiene esta propuesta, inspirada en el uso de los análisis histórico-críticos y que



asume la experimentación en la clase de ciencias como escenario para la construcción y formalización de explicaciones a los fenómenos físicos.

**Palabras clave:** Actividad Experimental, Instrumento de Medida, Procesos de Medición, Enseñanza de la Física.



## ABSTRACT

This research work, presents the theoretical foundation and the physics teaching proposal born in the Universidad de Antioquia's masters in education program, education in nature science line, from the perspective of the research work of the Cultural studies about science and its teaching group (ECCE) from Universidad de Antioquia in Medellin, Colombia.

The main purpose of this research was to contribute on the analysis about the knowledge building process in the physics classes, through theoretical foundation and the design and implementation of a pedagogic proposal focused on the measurement instrument role in the construction and formalization of the physic phenomena inside the frame of the experimental activities.

The experimental activities were specially designed to favor the science knowledge argumentative and discursive aspects. The classroom activities were the result of historic and critic analysis of historic episodes and texts that discuss the organization of the thermo phenomena and the construction and formalization of the physical magnitudes associated with them.

We performed an specific analysis about the explanations that on the thermic phenomena was built and explained by the participant students in the designed experimental activities. In this analysis, we privileged the role assigned to the instrument as constitutive part in the organization of the thermic phenomena and the construction process and temperature formalization as an intensive magnitude that explains the thermic state.

Lastly we showcase some of the contributions about the physics teaching, inspired by the use of the historic and critic analysis and which takes the classroom



experimentation as scenario for the construction and formalization of the physic phenomena.

Key words: Experimental Activity, Measurement instrument, Measurement processes, Physics teaching.



## CONTENIDO

ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE GRAFICAS.....	XII
LISTA DE TABLAS.....	XII
LISTA DE FOTOS.....	XII
CONTEXTUALIZACIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN.....	16
2. OBJETIVOS.....	23
2.1. General.....	23
2.2. Específicos.....	23
3. CONSIDERACIONES TEÓRICAS.....	24
3.1. La Actividad Experimental: un escenario social para crear, discutir, y explicar. ....	25
3.1.1. La Actividad Experimental: una mirada desde el horizonte histórico y filosófico de la ciencia.....	26
3.1.1.1. La Actividad Experimental como parte constitutiva en la construcción de conocimiento científico.....	28
3.1.1.2. El carácter discursivo de la Actividad Experimental en los aportes de Shapin, Latour & Woolgar.....	31
3.1.2. La Actividad Experimental en el ámbito educativo: dificultades y posibilidades de transformación. ....	38
3.2. El rol del instrumento de medida en los procesos de medición. ....	43
3.2.1. El instrumento de medida como generador y producto de fenomenologías.....	45
3.2.2. Los procesos de medida de las propiedades físicas desde las perspectivas de Campbell y Duhem.....	48
3.2.2.1. La perspectiva de Norman Campbell.....	49
Por su parte, Duhem (2003) realiza un trabajo en el que plantea una manera particular de asignar un orden y números para representar la temperatura. ....	53
3.2.2.2. La perspectiva de Pierre Duhem.....	53
3.2.2.3. Intereses conjuntos para la investigación. ....	58
3.2.3. Los procesos de medición en el aula de clase: un proceso ciego.....	59
3.2.4. Clasificación y ordenación como fundamentos del proceso de medición.....	62
3.2.5. Construcción de escalas de medición en torno al fenómeno del calor.....	64



4. DISEÑO METODOLÓGICO ..... 69

4.1. Enfoque y tipo de estudio ..... 69

4.2. Caso y contexto ..... 70

4.3. Propuesta pedagógica y registro de la información ..... 71

4.4 Plan de análisis ..... 79

4.5. Sobre las categorías de análisis..... 83

4.5.1. Dimensión Social y Discursiva de la Actividad Experimental ..... 86

4.5.1.1. Experimentación como espacio para la construcción de explicaciones..... 86

4.5.1.2. Experimentación como escenario de construcción social de fenomenologías. .... 89

4.5.2. El papel del instrumento en la construcción de conocimiento..... 90

4.5.2.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos..... 91

4.5.2.2. Instrumento como generador de fenomenologías ..... 91

4.5.3. Procesos de medición en la organización de fenómenos..... 93

4.5.3.1. Clasificación y ordenación como fundamento del proceso de medición..... 94

4.5.3.2. Construcción de escalas de medición en torno al fenómeno del calor ..... 95

4.6. Criterios de credibilidad de la investigación ..... 96

5. HALLAZGOS ..... 99

5.1 Dimensión Social y Discursiva de la Actividad Experimental ..... 99

5.1.1 Experimentación como espacio para la construcción de explicaciones. .... 99

5.1.2 Experimentación como escenario de construcción social de fenomenologías..... 109

5.2 El papel del instrumento en la construcción de conocimiento ..... 117

5.2.1 Instrumento como medio de registro y constatación de datos ..... 117

5.2.2. Instrumento como generador de fenomenologías..... 122

5.3 Procesos de medición en la organización de fenómenos ..... 136

5.3.1 Clasificación y ordenación como fundamento del proceso de medición ..... 136

5.3.2. Construcción de escalas de medición en torno al fenómeno del calor ..... 153

6. POTENCIALIDADES DE LA PROPUESTA Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO ..... 172

7. BIBLIOGRAFIA..... 176

ANEXOS ..... 184



## LISTA DE GRAFICAS

<b>Grafica 1.</b> Plan de trabajo con los estudiantes.....	74
<b>Grafica 2.</b> Construcción realizada por los estudiantes.....	120
<b>Grafica 3.</b> Construcción realizada por los estudiantes.....	151

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de enunciados según Latour & Woolgar (1995).....	34
<b>Tabla 2.</b> Organización y planteamiento de las actividades desarrolladas con los estudiantes por partes y sesiones .....	76
<b>Tabla 3.</b> Tabla de convenciones .....	80
<b>Tabla 4.</b> Transcripción del 28 de marzo. Primera y Segunda parte. Sesión 7. Pág. 2 ...	81
<b>Tabla 5.</b> Extraído del archivo Extracto de intervenciones para el análisis.....	82
<b>Tabla 6.</b> Categorías, subcategorías e indicios.....	84

## LISTA DE FOTOS

<b>Foto 1.</b> Discusión sobre fenómenos térmicos cotidianos.....	104
<b>Foto 2.</b> Clasificación de bloques lógicos.....	111
<b>Foto 3.</b> Proceso de Ordenación de acuerdo al grado de calor.....	113
<b>Foto 4.</b> Construcción gráfica-representación del grado de calor.....	118
<b>Foto 5.</b> Calibración de los termómetros. Instalaciones de la U de A.....	123
<b>Foto 6.</b> Socialización de la construcción de escalas termométricas.....	126
<b>Foto 7.</b> Clasificación de bloques lógicos .....	137
<b>Foto 8.</b> Clasificación de bloques lógicos .....	139
<b>Foto 9.</b> Proceso de ordenación de bloques lógicos .....	142
<b>Foto 10.</b> Mediciones con escalas termométricas construidas .....	152
<b>Foto 11.</b> Socialización de la construcción de escalas termométricas.....	160
<b>Foto 12.</b> Escalas termométricas construidas por los estudiantes.....	162
<b>Foto 13.</b> Calibración de los termómetros. Instalaciones de la U de A.....	166



## **LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CLASE DE FÍSICA**

### **EL CASO DE LOS GRADOS DE CALOR Y LA CONSTRUCCIÓN DE ESCALAS DE TEMPERATURA.**

#### **CONTEXTUALIZACIÓN**

Esta investigación se enmarca en los intereses y perspectivas de trabajo académico del grupo de Estudios Culturales de la Ciencia y su Enseñanza – ECCE - de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, en particular en sus líneas de investigación de Epistemología, historia y enseñanza de las ciencias y Lenguaje, argumentación y educación en ciencias. El proyecto hace parte de los desarrollos y productos de la investigación titulada: La experimentación y los procesos de formación de profesores de ciencias naturales, (U de A- Univalle) aprobada y financiada por el CODI –U de A, en la convocatoria 2012.

La atención dentro de éste Trabajo de Investigación, se centra en el análisis de la relación existente entre los procesos de medición y la construcción de instrumentos y escalas de medida, como medio por el cual los estudiantes pueden acercarse a una construcción social y discursiva de conocimiento dentro de los espacios de formación de la clase de física.

Para tal fin se diseñó una propuesta pedagógica de intervención de aula, teniendo en cuenta las discusiones y elaboraciones realizadas dentro del grupo de investigación ECCE en relación con la Actividad Experimental asumida como un elemento de reflexión y exploración constitutivamente relacionado con la dimensión conceptual (Romero & Aguilar, 2013), que trasciende el sentido verificador o de demostración de conceptos llevados al aula permitiendo que se enriquezcan los procesos de construcción de conocimiento.



Por otra parte, las actividades experimentales contenidas en la propuesta, están orientadas de tal forma que permitan fortalecer la concepción de la medición, asumiéndola como un proceso que incluye acciones de clasificación de propiedades, identificación de variables y criterios de ordenación, además de constituirse en el medio por el cual se construye la idea de la magnitud de temperatura, dándosele un sentido crítico a las construcciones de las escalas termométricas y de la asignación numérica hecha a éstas, a partir de la representaciones escritas y gráficas suscitada por los diálogos y reflexiones generadas en el grupo de trabajo.

La implementación de la propuesta pedagógica, tuvo lugar en la Institución Educativa Rural Piedras Blancas ubicada en zona rural de reserva ecológica Arví del municipio de Guarne – Antioquia, durante los meses de febrero y marzo del 2014, con la participación de nueve estudiantes del grado 11° de la media vocacional, quienes hacían parte del proyecto institucional de Semillero de Ciencias.

La propuesta se desarrolló durante siete sesiones, de las cuales se hizo registro de información con base en la construcción de explicaciones y discusiones generadas por parte de los estudiantes durante la organización de las experiencias sensibles. Las primeras cuatro sesiones fueron diseñadas con actividades que surgieron del análisis y reflexión sobre los aportes que desde autores como Duhem (2003), Campbell (1994), Guidoni & Arcá (1987) y Martins (2007) se construyeron para la investigación en relación con la forma de asumir los procesos de medición. De acuerdo con tales aportes, la medición va más allá de la utilización de instrumentos o aparatos de precisión, adicionalmente se tiene una particular forma de asumir la relación con la construcción de un instrumento de medida que permita trascender la imagen de éste como un medio para el registro y verificación de datos teóricos a considerarlo como el medio por el cual se establecen correspondencias entre lo experimental y lo teórico.



De la misma manera, en las tres últimas sesiones se desarrollaron actividades que fueron diseñadas a partir del anterior supuesto en relación con el instrumento de medida, donde las orientaciones de cada sesión se centraron en la calibración y construcción de escalas termométricas, lo cual se hizo con base en las reflexiones y aportes derivados de las perspectivas de Hacking (1996), Iglesias (2004) y Romero & Aguilar (2013), a partir de las cuales se asumió para la investigación que un instrumento de medida no se puede concebir aislado de aquello que mide y que por el contrario contiene en sí mismo toda una carga teórica implícita en su construcción, además de posibilitar la construcción misma del fenómeno que se analiza.

Para el análisis del registro de información tanto escrita como gráfica, se tomó en cuenta la perspectiva de investigación cualitativa, desde un estudio fenomenológico basado en la interpretación de unidades de análisis derivadas del trabajo experimental con los estudiantes, para lo cual se optó por un estudio de caso que permitiera describir el fenómeno desde su contexto de acuerdo a lo expuesto por Stake (1998)



## 1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

### Miradas alternativas para la orientación de Actividades Experimentales en la clase de Ciencias

De acuerdo con algunos análisis hechos a partir de la deconstrucción<sup>1</sup> de la práctica docente, se ha evidenciado cómo el profesor puede verse inmerso en una rutina mecánica que se caracteriza por la poca creatividad y transformación de las actividades de enseñanza que plantea, en algunos casos su práctica se reduce a la reproducción de "recetas" y una serie de pasos que tienen como finalidad la adquisición y acumulación de conocimientos por parte de los estudiantes, negando así, la posibilidad de procesos de reflexión y construcción colectiva del conocimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior y para el caso de la enseñanza de las ciencias, se asume en ésta investigación que el docente orienta sus prácticas de enseñanza de acuerdo con la manera como significa y comprende los procesos de constitución y establecimiento del conocimiento científico (Ayala, 2008; Romero, 2013). Complementariamente, las posturas de los docentes y las reflexiones sobre cómo deben ser enseñadas las ciencias, se ven reflejadas en la manera como éste toma decisiones frente a la planeación y ejecución de los planes de estudio, y en las actividades que llevan a cabo en las instituciones educativas.

En el caso particular de la clase de física, varios estudios evidencian las influencias que la perspectiva positivista en las prácticas educativas, en cuanto a la forma de concebir la actividad experimental, la ausencia de reflexiones epistemológicas e históricas y la separación entre teoría y práctica (Romero, 2013;

---

<sup>1</sup> La deconstrucción es el primer paso metodológico que se lleva a cabo en el modelo de Investigación-acción que ha dirigido el Dr. Bernardo Restrepo, como variante de dicho modelo de investigación en la educación. Afirma que se ha ido construyendo un fundamento teórico desde el cual, a partir de los procesos de deconstrucción de la práctica, el docente no solo reflexiona sobre su actuar sino que emprende un proceso emancipatorio que posibilita la crítica constante a su propia práctica y emprende una reestructuración y construcción de nuevas alternativas de trabajo. (Restrepo, 2004)



Malagón, Ayala & Sandoval, 2011; García, 2011). En este sentido, usualmente las actividades experimentales en la clase de física se fundamentan en la enunciación del método científico como único medio para la validación de las teorías científicas, concepción en la cual se reducen las actividades a la manipulación de los instrumentos, registro de datos y control de resultados (Romero, 2013).

Estos estudios resaltan igualmente, la falta de reflexiones epistemológicas y consideraciones históricas sobre la consolidación de teorías, que muestre a los estudiantes el proceso en el que las diferentes teorizaciones y perspectivas han sido objeto de críticas, no solo desde el mismo campo disciplinar sino también a nivel social y filosófico, aunque hayan sido aceptadas como válidas en la actualidad.

Otro factor proveniente de la perspectiva positivista de la dinámica científica, que incide en las prácticas educativas, tiene que ver con la separación que se hace entre teoría y práctica. Como lo resaltan algunos autores, en la enseñanza de las ciencias hay un marcado énfasis en la teoría, como producto histórico de las concepciones de trabajo científico que le ha otorgado a la teoría un papel subsidiario del el experimento, hasta el punto incluso de volverla objetivo primordial que orienta las actividades de aprendizaje de los estudiantes (Ferreirós & Ordoñez, 2002; García, 2011)

Además de esto, como lo expone García (2011), la mayoría de los textos escolares presentan un modelo de experimentación que tiene como finalidad la validación y confirmación de los datos teóricos que estos contienen, de tal manera que la descripción de dichos procedimientos no le permite al estudiante generar la posibilidad de exponer consideraciones e interpretaciones frente al fenómeno abordado. Dado lo anterior, es usual que se termine por asumir la experimentación en las clases de ciencias como un proceso innecesario y de poca importancia para el proceso de aprendizaje de los estudiantes, lo que



termina generando en ellos la formación de una visión de la ciencia como una verdad única y acabada expuesta en la irrefutable teoría.

Muy posiblemente debido a estas consideraciones los docentes de ciencias asumen, en la mayoría de los casos, que el denominado “laboratorio escolar”<sup>2</sup> es el lugar donde se realizan las comprobaciones acerca de los conceptos de la teoría expuesta durante las clases, donde en ocasiones se ve objetivada la práctica al aprender a utilizar instrumentos y técnicas de laboratorio y como medio para afianzar el clásico método científico de enfoque positivista (Hodson, 1994); esta visión del “laboratorio escolar”, propicia una imagen de la actividad científica que quizá resulte inadecuada al desconocer las relaciones de construcción social de conocimiento que allí se establecen.

Desde los aportes de la filosofía, la epistemología y la sociología de la ciencia, han surgido en las últimas décadas nuevas miradas que superaran el enfoque positivista del trabajo científico y sus implicaciones mencionadas en párrafos anteriores, y que han sido producto de la transformación a través de la historia. De dichas miradas se resalta, entre otros, aspectos como:

- El proceso de construcción y validación de una teoría, no es una actividad solitaria, sino que involucra la constitución y participación de una comunidad (Kuhn, 1969).
- En la consolidación y desarrollo histórico de una teoría científica, se han de tener en cuenta las implicaciones y motivaciones demandadas por el contexto social en el cual se realizan tales prácticas científicas (Solís, 1981).

---

<sup>2</sup> Se asume como laboratorio escolar el lugar asignado en la mayoría de las instituciones, a los docentes de ciencias naturales, donde se hacen las denominadas prácticas de laboratorio generalmente, espacios dotados de instrumentarios, que tratan de recrear un ambiente de laboratorio científico.



- Dentro de los procesos de construcción social del conocimiento científico, se tienen en cuenta influencias, contribuciones y repercusiones positivas o negativas, que pueda generar dentro de la sociedad, a nivel de desarrollo científico y tecnológico (Shapin, 2000).
- La ciencia es un trabajo que se realiza en forma grupal, de carácter social más no individual y que además necesita de la aprobación general de los demás individuos de la sociedad, pues no es ciega, necesita testigos. Es así como se construye y legitima un hecho, considerado como una categoría epistemológica y sociológica que favorece los procesos de comunicación, en el ejercicio del lenguaje (Shapin, 1991).
- Los científicos no descubren hechos, los construyen a partir de la justificación de enunciados, donde procesos de codificación, corrección, lectura, escritura, comunicación y discusión entre los miembros que conforman la comunidad científica, cobran gran importancia, con el fin de persuadirse y persuadir a otros de aceptar los hechos construidos (Latour & Woolgar, 1995).
- Los fenómenos no son un descubrimiento que se hace en la naturaleza, no están allí ocultos esperando a que alguien los revele, son más bien, una construcción artificial<sup>3</sup>, una creación, un trabajo de ordenación y de significación de algo público, regular que tiende a formalizarse como una ley, pero que existen en cuanto son creados como una forma de interpretar el universo (Hacking, 1996).
- La experimentación, no es una actividad caprichosa, ni realizada por simple curiosidad, se trata de un entramado de acciones y circunstancias derivadas de conjeturas, observaciones intencionadas, intereses e

---

<sup>3</sup> El autor se refiere a que los fenómenos existen en cuanto han sido creados, de acuerdo a las condiciones, necesidades e intereses de quien aporta información sobre sus características.



inquietudes que conllevan a la creación de hechos. Asegurar que la experimentación debe preceder a la teoría es caer en un círculo vicioso en el que se trata de establecer de forma sistemática un orden para el trabajo científico; por el contrario se afirma que la experimentación en sí tiene vida propia (Hacking, 1996).

A partir de éstos aspectos, surge la motivación de superar y trascender la mirada positivista que puede prevalecer aún en las prácticas pedagógicas de los docentes, en pro de una mirada que resalte la importancia de la actividad experimental en la clase de ciencias, complementaria al proceso de construcción de explicaciones sobre los fenómenos físicos, y en estrecha relación con actividades que promueven el desarrollo de habilidades comunicativas y discursivas en contextos de discusión que favorecen el proceso de construcción de conocimiento.

Atendiendo a lo anterior, en esta investigación se plantean algunos cuestionamientos a acerca de la forma como se concibe el papel de la experimentación en la enseñanza de la ciencia, que orientan reflexiones en torno a consideraciones que toman en cuenta también relaciones con los procesos de medida y el rol del instrumento de medición en dichas actividades. Preguntas como las siguientes orientan esta reflexión:

¿Qué tipo de relación se puede establecer entre la actividad experimental y el fortalecimiento de las construcciones conceptuales de los estudiantes?

¿Qué importancia tiene el proceso de medición en las relaciones que se establecen entre actividad experimental y construcción de conocimiento por parte de los estudiantes?

¿Cómo deben ser orientadas las actividades experimentales, para que se pueda eliminar la dicotomía usual entre la práctica experimental y la teoría?

¿Qué rol desempeñan los instrumentos de medida en el desarrollo de una actividad experimental en el aula de clase?



Todos estos cuestionamientos movilizan el interés en ésta investigación para proponer un cambio de concepción y denominación del laboratorio escolar; que se desligue de la idea de una actividad científica en la escuela acaecida en un lugar privilegiado, centrada en la comprobación y verificación de conceptos, para favorecer una concepción de actividad experimental entendida ésta como un espacio de construcción de conocimiento a partir de la producción de fenómenos, cuyos procesos conlleven a la exposición de juicios a partir de observaciones intencionadas y procesos de medición de propiedades de los fenómenos construidos en el aula (Malagón, et al., 2011).

Se considera que desde esta perspectiva de actividad experimental, se pueden renovar las consideraciones sobre la organización de estrategias de enseñanza que integren decisiones acerca de los contenidos científicos y situaciones de tipo Exploratorio – Cualitativo (García, 2011), es decir, una perspectiva que retoma las reflexiones hechas por las comunidades científicas del siglo XIX, en torno al rol que desempeñaba la actividad experimental y la construcción teórica, de las cuales surge las consideraciones sobre la imagen fenomenológica del mundo físico (Romero & Aguilar, 2013).

Desde ésta imagen fenomenológica, se entiende que la actividad experimental lejos de ser un elemento verificador, se convierte en la posibilidad de orientar procesos de organización de la experiencia sensible (Romero & Aguilar, 2013), tales como la clasificación de propiedades y ordenación de éstas que permiten la construcción de datos y la reflexión en torno a su significado, como también a las razones y el sentido conceptual que implica la construcción del instrumento mismo.

En un intento por estrechar las posibles relaciones entre la actividad experimental y las construcciones conceptuales o conformación de teorías, se considera además que dicha actividad debe tener un carácter sociocultural por



medio de la cual se potencialicen procesos de construcción social de conocimiento de los estudiantes, a partir de la interacción con los compañeros de clase donde el lenguaje juega un papel muy importante en la actividades de comunicación y diálogo entre ellos. Se habla de construcción social de conocimiento, cuando se tiene en cuenta que a partir del trabajo en comunidad se presenta la necesidad de dar a conocer a los demás las ideas y se pone de relieve las formas de explicación ante las observaciones hechas, la elaboración de enunciados y la exposición de resultados, esto puede generar un acercamiento de los estudiantes a la comprensión de los fenómenos físicos.

En la búsqueda de la relación entre la planeación y diseño de actividades experimentales como dinamizador de ambientes escolares, que resalten la importancia de favorecer espacios donde el estudiante pueda exponer ideas, explicaciones, comunicarse con otros, y la reflexión sobre los procesos de medición y los instrumentos con los cuales los estudiantes pueden acercarse a la construcción con sentido de los datos que se relacionan con el fenómeno estudiado, se plantean las siguientes preguntas que orientan la investigación:

- ¿Cuáles son las contribuciones que puede tener, en el proceso de construcción social de conocimiento de los estudiantes sobre los fenómenos físicos, el desarrollo de un conjunto de actividades experimentales en la clase de física, centradas en el papel del instrumento y los procesos de medida?
- ¿Cuáles son y qué características tienen las explicaciones que construye un grupo de estudiantes, durante el desarrollo de actividades experimentales centradas en el proceso de medida en la organización del fenómeno térmico?



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. General

Contribuir a las reflexiones sobre la construcción social del conocimiento y la actividad experimental en la clase de física, por medio de una fundamentación teórica y la implementación de una propuesta pedagógica centrada en el papel del instrumento de medida en la organización del fenómeno térmico.

### 2.2. Específicos

- Describir y analizar las explicaciones que sobre los fenómenos térmicos construyen los estudiantes, como producto de la interacción entre pares, durante el desarrollo de actividades experimentales centradas en los procesos de medida en torno a la construcción del fenómeno térmico.
- Identificar las contribuciones que puede tener el desarrollo de un conjunto de actividades experimentales en la clase de física, centradas en el papel del instrumento y los procesos de medida en torno a la construcción del fenómeno térmico, para favorecer el proceso de construcción social de conocimiento de los estudiantes.



### 3. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

#### **La actividad experimental y los procesos de medición: posibilidad de una construcción social y discursiva de conocimiento en el aula**

Para la construcción del sustento teórico del Trabajo de Investigación, se adoptan algunos aportes desde la filosofía, sociología y didáctica de las ciencias, y los análisis y reflexiones suscitadas a partir de las investigaciones realizadas en el ámbito educativo, centrando la atención en las relaciones subyacentes entre la actividad experimental, los procesos de medición y la construcción de instrumentos de medida en torno a fenómenos térmicos. Tales aportes giran alrededor de los siguientes aspectos y perspectivas:

- La concepción de Actividad Experimental tanto en el ámbito educativo como en el ámbito de la historia y filosofía de las ciencias, privilegiando aportes que permiten asumir dentro de la investigación una perspectiva de trabajo científico que trasciende la visión positivista, permeando las reflexiones y formas de concebir dicha actividad experimental en el aula de ciencias, como posibilidad de fortalecer los espacios de construcción social y discursiva del conocimiento científico.
- Reflexiones en torno al instrumento de medida, desde perspectivas que lo asumen como una ocasión de construcción conceptual, por medio de la cual se ofrece la posibilidad de establecer una relación dialógica entre la actividad experimental y la construcción de conocimiento. En este contexto se recogen algunos aportes sobre los procesos de medición, en los cuales se resalta la construcción de magnitudes e instrumentos de medida como una convención social y discursiva en torno a la caracterización y organización de los indicios que dan cuenta de un fenómeno.



### **3.1. La Actividad Experimental: un escenario social para crear, discutir, y explicar.**

*“Experimentar es crear, producir, refinar (...)” “El experimento tiene vida propia”*  
(Hacking, 1996, p.259)

*“El conocer representa la actividad más condicionada socialmente de la persona y el conocimiento es la creación social por excelencia.” “Todos los investigadores experimentales saben lo poco que prueba o impone un experimento individual”*  
(Fleck, 1986, p.89; Fleck, 1986, p. 142)

Mucho antes de la conformación del Circulo de Viena, ya se hacían consideraciones importantes acerca del carácter del trabajo científico, visto éste como una actividad desprovista del individualismo, considerándola como un quehacer en comunidad en el cual no solo prevalecía el ingenio y la creatividad de los científicos, sino también la capacidad discursiva de éstos para dar a conocer sus trabajos y recibir dentro de la sociedad la aceptación y apoyo a sus ideas, evidenciando así que la construcción de conocimiento dependía en alto grado de las estructuras sociológicas de cada época y de las convicciones y convenciones que se iban formalizando y generalizando en torno a un interés colectivo (Kuhn, 1969; Solis, 1981; Shapin, 2000).

Así pues, la actividad experimental requiere del trabajo conjunto, de la puesta en común de los integrantes de una comunidad científica de la cual surgen reflexiones y aportes a partir de las interpretaciones y observaciones hechas en torno a la creación de un fenómeno. Dichas consideraciones deben tenerse en cuenta a la hora de pensar en la enseñanza de la ciencia, y de cómo presentar a los estudiantes la actividad experimental, de tal manera que se entienda como un todo dentro de su proceso de construcción de conocimiento, alejado de una perspectiva que relegue dicha actividad a un espacio privilegiado donde la experimentación cumple con un papel verificador de la teoría.



Más que un sentido verificador o de demostración de conceptos llevados al aula de ciencias, en este trabajo de investigación se asume, siguiendo a García (2011), que la actividad experimental cobra un sentido importante en la medida en que se convierte en un elemento de reflexión y exploración de riqueza conceptual; desarrollada de esta forma, se favorecerán y enriquecerán los procesos de construcción de conocimiento en el aula.

Adicionalmente, teniendo en cuenta consideraciones derivadas de las reflexiones hechas en torno a los aportes del trabajo de autores como Latour & Woolgar (1995) y Shapin (1991), se adopta la idea de experimentación como un proceso de construcción social de conocimiento, donde la observación y la reflexión acerca de los procedimientos seguidos en la construcción de fenómenos, presenta una perspectiva de ciencia que privilegia las prácticas discursivas y la elaboración de explicaciones detalladas de los procesos descritos en torno al interés de investigación científica.

### **3.1.1. La Actividad Experimental: una mirada desde el horizonte histórico y filosófico de la ciencia**

La concepción sobre la experimentación y su rol en la construcción del conocimiento científico ha variado con relación a las consideraciones filosóficas y sociológicas características de cada época. Desde la denominada perspectiva “clásica” de la filosofía de las ciencias, la experimentación se asume como un método a seguir para la comprobación de hipótesis deducidas de razonamientos lógicos, como forma de contrastación, verificación, predicción de fenómenos, sustento y soporte para la formulación de teorías científicas (Ferreirós & Ordóñez, 2002). De acuerdo a estas posturas la actividad experimental ha terminado cautiva de la teoría en la medida que se asume que es la teoría lo primordial, y lo que debe anteceder y acompañar al experimento y a los resultados que de allí se derivan (Ferreirós & Ordóñez, 2002). Al experimento desde ésta mirada clásica, se le ha atribuido un papel subsidiario de la teoría, por lo tanto, se considera que



Esta antecede al experimento, permea y acota los análisis y reflexiones hechos a partir de los resultados obtenidos (García, 2011; Romero, 2013; Romero & Aguilar, 2013; Malagón, et al., 2011; Iglesias, 2004).

Frente a esta mirada, han surgido posturas que disienten en la forma como se concibe la relación teoría-experimentación, entre las cuales se encuentra el denominado nuevo experimentalismo. Chalmers (2000), refiriéndose a esta corriente, expone que la actividad experimental y el conocimiento experimental puede ser justificado y enunciado de forma independiente de la teoría, sin que los resultados de la experimentación puedan ser considerados faltos de argumentos o que en efecto no funcionen y no tengan fundamentos, por no estar inscritos dentro de una teoría específica. Sin embargo, se considera que además de la visión de la independencia entre la actividad experimental y la teoría, y de tener en cuenta que ésta última no debe ser lo primordial (Ferreirós & Ordoñez, 2002), es factible darle al experimento un nivel equivalente que al de la teoría (García, 2011; Romero, 2013; Iglesias, 2004), presentando la experimentación como un elemento posibilitador de nuevos enfoques y miradas (Steinle, 1997), para la reflexión y construcción de conceptos de manera que se tengan en cuenta todos los aspectos sociales, políticos y de comunicación, que se desprenden de las relaciones sociales gestadas en el trabajo científico y que hacen parte de perspectivas más actuales de la ciencia.

De acuerdo con estas reflexiones, se puede afirmar que la actividad experimental está relacionada de manera dialógica con la teoría. La experimentación se puede considerar como un proceso que posibilita la reflexión y construcción de conocimiento, y que ésta construcción, a su vez, es una actividad que no se realiza en solitario sino que se trata de una relación entre los integrantes de una comunidad que trabajan a la par, y con intereses comunes. De ésta manera se abre paso a las consideraciones de construcción social de conocimiento científico, por medio de la experimentación, aplicado a contextos educativos.



A continuación se enuncian algunos aportes que desde las reflexiones hechas en el campo de la epistemología, la historia y la sociología de las ciencias, se han generado en torno a los aspectos antes mencionados, y que se constituyeron en las bases sobre las cuales se construyó la propuesta pedagógica y su posterior implementación, eje orientador de éste trabajo de investigación.

### **3.1.1.1. La Actividad Experimental como parte constitutiva en la construcción de conocimiento científico**

La ciencia es una actividad social de construcción de conocimiento realizada entre un grupo de personas, una comunidad unida por convicciones colectivas (Fleck, 1986; Kuhn, 1969), que se desenvuelven en contextos determinados en cada época, con intereses y situaciones sociológicas diferentes (Shapin, 2000; Solis, 1981; Fleck, 1986). Es por esto que pensar en una actividad científica individual realizada solo por la imagen de alguien que tienen una bata blanca, donde el surgimiento de teorías se da tras las paredes de un recinto llamado laboratorio, a espaldas de una “realidad social”, no tendría sentido dentro de las nuevas consideraciones del quehacer científico (Hacking, 1996).

Éste carácter social de la construcción del conocimiento científico, ha sido retomado en las últimas décadas por sociólogos, historiadores y filósofos de la ciencia, haciendo alusión a una marcada influencia de los trabajos publicados de Fleck (1986). En estos trabajos, este autor realiza una descripción a la estructura interna de las disciplinas, mediante el análisis histórico del caso específico del desarrollo del concepto de la sífilis, mostrándolo como la construcción de un hecho gestado dentro de lo que él denomina un colectivo de pensamiento.

Se considera uno de los aportes más importantes de Fleck (1986), como ya se había mencionado anteriormente, la consideración de la condicionalidad social de todo saber, conocimiento o pensamiento, y el rechazo vehemente a que la



ciencia sea una construcción individual. Esta asunción de constitución social conlleva además a establecer que la actividad científica es una actividad que está permeada por una carga histórica de los conceptos y condicionada por aspectos sociológicos y psicológicos, que se revelan en la forma de representación y análisis de los fenómenos.

Asumir la ciencia como una construcción social, también lleva al distanciamiento de la imagen proyectada por las corrientes positivistas de la ciencia, como el producto de un descubrimiento, de una refutación o afirmación teórica, y donde la actividad experimental como tal es asumida solo como un objeto, un medio por el cual se verificaban supuestos teóricos.

Ante éstas consideraciones han surgido nuevas corrientes que afirman que dicho conocimiento es una construcción social de realidades, y que por lo tanto la actividad experimental cobra especial relevancia en la ciencia. Como lo expresa Iglesias (2004), esto ha ocasionado la conocida guerra de la ciencia, discusiones que se han prolongado en el tiempo sobre la relación entre el conocimiento, lenguaje y realidad, que se ha alimentado de las diferentes propuestas desde la filosofía y la sociología, permitiendo así afianzar una imagen de ciencia como construcción social que resalta la relación dialógica entre el lenguaje y la experiencia.

Otro aspecto importante que se retoma para éste trabajo de investigación, derivado de los anteriores planteamientos del carácter social y colectivo del conocimiento científico, es la admisión de la posibilidad del error como parte clave de los intentos en la construcción de un “hecho” científico (Fleck, 1986). Asumir este carácter social, es asumir que “los fenómenos son difíciles de producir de una manera estable” (Hacking, 1996, p. 259); reconocer éstos supuestos, es negar las posibilidades de descubrimiento instantáneo de fenómenos en la naturaleza. Reconocer las posibilidades de fallas y de errores en la actividad científica, como parte del proceso de construcción de conocimiento, es reconocer



a su vez el carácter fabricado de hechos científicos, donde se entremezclan intereses sociológicos, cargas históricas en la forma de interpretar las observaciones, y el sello característico del grupo de individuos que trabajan cooperadamente durante dicho proceso. Esto es lo que Fleck (1986) menciona como afectos, la carga psicológica que supone dentro de las interpretaciones y conclusiones derivadas de la actividad científica.

Dichos planteamientos, permiten asumir que en la construcción de conocimiento científico los procesos discursivos de la ciencia adquieren mayor relevancia, al asumir que éstos se dan por la necesidad de comunicación entre los integrantes de las comunidades científicas en los roles asumidos para el desempeño de sus labores, y también por la búsqueda de una justificación pública (Fleck, 1986) que le otorgue credibilidad y aceptación al trabajo científico. De acuerdo con los planteamientos de Fleck (1986), la justificación pública cobra importancia por la forma de explicar lo observado, describir los procedimientos seguidos para la construcción de instrumentos, la fabricación de datos, las detalladas formas de proceder y la creación de significados e interpretaciones, a la luz de la carga teórica que influye en las relaciones y conclusiones derivadas de dicho proceso.

El reconocimiento y la importancia dada al carácter discursivo de la ciencia es uno de los intereses de la investigación, que se ha asumido con mayor fuerza como base del planteamiento de la propuesta pedagógica y sustento teórico para el análisis de la información derivada de la aplicación de dicha propuesta. Es por esto que se resaltan a continuación algunas de las propuestas subyacentes en los trabajos realizados por Steven Shapin, Bruno Latour y Steve Woolgar.



### **3.1.1.2. El carácter discursivo de la Actividad Experimental en los aportes de Shapin, Latour & Woolgar**

La mirada sobre la experimentación descrita en el apartado anterior, ha venido siendo enriquecida con aportes surgidos desde la perspectiva sociológica del conocimiento científico, que hace énfasis en el análisis y reflexiones acerca de las dinámicas discursivas, intereses y estrategias de convencimiento presentes en los contextos científicos de producción de conocimiento.

En este sentido, historiadores como S. Shapin y B. Latour abordan temáticas de especial interés sociológico, en las que se despoja a la ciencia de la mirada dogmática y absolutista, para presentarla bajo una perspectiva que tiene en cuenta el trabajo científico como una actividad social, contextualizada y donde la dimensión discursiva tiene un lugar relevante en la dinámica de construcción de conocimiento científico (Shapin, 2000; Latour & Woolgar, 1995).

Se evidencia en los planteamientos de Latour & Woolgar (1995), la asunción de la experimentación como una actividad de construcción social de hechos científicos. Estos autores plantean que en dicha actividad, realizada en una comunidad, se hacen divisiones de trabajo y se producen especializaciones técnicas y de procedimientos potenciando la comunicación entre sus integrantes, esto por medio del lenguaje tanto en la forma de argumentar y debatir, como en presentar resultados y enunciados de forma escrita. Ellos retoman el sentido de las comunidades científicas para dar una panorámica del laboratorio donde se hace evidente la riqueza comunicativa y discursiva, la cual es utilizada en la construcción de material escrito que permite el convencimiento mutuo entre los integrantes para justificar, dar sentido colectivo a las interpretaciones y enunciados y, consecuentemente, materializar los hechos científicos sobre los que se está discutiendo.

Para tal fin, Latour & Woolgar (1995) describen el relato de un observador ficticio que se encuentra en el laboratorio, detallando la forma como allí se



trabajaba. Ellos describen cómo, divididos por secciones, los científicos de la “sección A”<sup>4</sup> trabajaban con materiales escritos, los cuales procesaban la información obtenida y la transformaban en artículos que luego pretendían ser publicados. De dicho proceso, el observador evidenció cómo todo el espacio en el cual se desenvolvían los científicos estaba colmado de textos, apuntes, observaciones, borradores y publicaciones que se iban convirtiendo poco a poco en la relación que daba sentido a todo el trabajo material realizado, y sustento a las conclusiones derivadas de éste.

Como fundamento de lo anterior, Latour & Woolgar (1995) proponen la noción de instrumentos de inscripción. Tales instrumentos son significados como aparatos o elementos de un aparato de laboratorio que permiten transformar un proceso material en un gráfico, diagrama o figura y, en este sentido, proporcionan enunciados escritos posibles de debatir y cuestionar.

Este carácter discursivo y comunicativo de la construcción del conocimiento científico tiene importantes implicaciones en la enseñanza de las ciencias, y en particular en la orientación que puedan tener las actividades experimentales en la clase de ciencias como un espacio donde la interacción entre los estudiantes y el docente sea permanente. Desde esta perspectiva, la comunicación, la utilización del lenguaje es un elemento constitutivo para materializar las ideas y las interpretaciones dentro del proceso de construcción de conocimiento.

La clase de ciencias, para los fines de éste trabajo de investigación, es considerada como una comunidad científica escolar, en la cual la orientación de actividades experimentales genera en los estudiantes disertaciones que ponen en evidencia sus concepciones y capacidad argumentativa frente a una situación en

---

<sup>4</sup> “En un área (...) hay diversos aparatos, mientras que en la otra (sección A) solo hay libros, diccionarios y papeles. En la sección B los individuos trabajan con aparatos de diversas maneras: se les ve cortar, coser, mezclar, batir, apretar, marcar, etc; pero los individuos de la sección A trabajan con materiales escritos: leen, escriben o mecanografían” (Latour & Woolgar, 1995, p.55)



la cual la capacidad de explicación sea el medio por el que se llegue al convencimiento propio y de los demás, como búsqueda de un consenso.

En apartados anteriores, se han expuesto consideraciones que desde el campo de la epistemología de la ciencia se han elaborado en torno a la clásica separación entre la teoría - experimentación, y de cómo se ha planteado la necesidad de un acercamiento entre éstas dimensiones por medio de una relación dialógica que permita alejarse de una mirada de ciencia fragmentada, donde por lo general se le ha dado mayor importancia a la teoría mientras que al campo experimental se le ha asignado un carácter subsidiario, verificador y medio por el cual se aprueban o refutan asuntos teóricos (Hacking, 1996).

Teniendo en cuenta los aportes de Latour & Woolgar (1995) se asume que el trabajo experimental es una actividad social, donde se privilegian espacios de relación dialéctica entre sus integrantes y se deja de lado concepciones que apuntan a concebirlo como un trabajo que por sí solo proporciona la teoría científica y constituye la vía más importante de afirmación o rechazo de una teoría o cambio de paradigma.

Dicho trabajo experimental, es el medio por el cual se producen datos, se almacenan muestras y se hace una disciplinada labor de selección y modificación de datos que son plasmados e interpretados mediante gráficas o tablas de codificación, a partir de un trabajo donde se realizan diferentes lecturas que cargan de significados los procesos de análisis, escritura y comparación entre conjeturas, a lo que finalmente se la da una verdadera importancia.

De acuerdo con lo observado y descrito por Latour & Woolgar (1995), los científicos en su intento de construir explicaciones a partir del sentido otorgado a sus observaciones, van generando una serie de enunciados clasificados de acuerdo con su grado de facticidad, comenzando por aquellos que se consideran como especulaciones hasta llegar a asumirlos como un hecho (Romero, 2013).



El proceso de clasificación de enunciados, para la construcción de explicaciones, es sintetizado de una forma más clara en la siguiente tabla:

Enunciados tipo V	Correspondientes a un “hecho” dado por sentado. Aseveraciones que no se discuten y que se consideran “verdades”
Enunciados tipo IV	Enunciados con alto grado de facticidad. Son los que usualmente van a los libros-texto
Enunciados tipo III	Enunciados que hacen alusión a otros enunciados y se identifican por el uso de modales
Enunciados tipo II	Enunciados que contienen modalidades que centran su atención en la generalidad de la evidencia
Enunciados tipo I	Comprenden conjeturas o especulaciones, que aparecen de forma más común al final de los artículos

**Tabla 1.** Clasificación de enunciados según Latour & Woolgar (1995). (Romero, 2013, p.87)

Este proceso discursivo en la elaboración, construcción de informes, otorgamiento de significado a información numérica y gráfica, puede entonces ser considerada como la ruta de acercamiento entre la experimentación y la teoría.

Con Shapin (1991), se encuentra también un valioso aporte que resalta la importancia del carácter discursivo de la ciencia, que agrega a todo lo anteriormente expuesto, un elemento más que dentro de éste trabajo de investigación ha cobrado gran importancia. Se trata del rol asignado al instrumento en la construcción de hechos científicos, como aspecto complementario y dialectico con la importancia dada a los informes detallados de la experiencia, como parte de justificaciones y elaboraciones teóricas.

Shapin (1991) expone los procesos y estrategias realizados por Boyle para la construcción de hechos experimentales, mediante los cuales produjo conocimientos nuevos sobre el comportamiento del aire y estableció las condiciones que permitieran acercarse a la movilización del consenso universal,



en lo que se denominó tecnología de producción de conocimiento. En éste texto, se resalta la idea acerca de que la ciencia es una actividad realizada en forma grupal, de carácter social más no individual y que además necesita de la aprobación general de los demás individuos de una comunidad, los cuales desempeñan el rol de testigos, pues se expone que la ciencia no es un trabajo ciego y se le da una nueva connotación de ciencia atestiguada. En este sentido Shapin plantea que los procesos de producción de conocimiento, se dan en estrecha relación con la creación de los denominados hechos científicos.

En éste sentido, para que un hecho sea legítimo, conocido o exista, según Shapin (1991), debe ser trabajado, experimentado y atestiguado por más de un hombre, así pues un hecho es considerado como una categoría tanto epistemológica como sociológica (Shapin, 1991). Además, dado el carácter sociológico de esta categoría, se favorecen los procesos de comunicación, el ejercicio del lenguaje tanto oral como escrito para la elaboración de informes y comunicados que permitieran la reproducción de las experiencias.

Shapin (1991) expone que en la conformación de un hecho es fundamental la creación y fabricación de un artefacto teniendo en cuenta la narración de los detalles considerados en su construcción, a esto se le da el nombre de *Tecnología Material*, una vez construido el artefacto estaba entonces listo para producir hechos (Shapin, 1991). Complementariamente, otra parte importante es aquella que consiste en la recopilación de todos los testimonios y consensos frente a lo observado, que posteriormente iban convirtiéndose en los fenómenos que se consolidaban en forma de consenso por quienes habían sido sus observadores y testigos. La *Tecnología Literaria*, consistía en la presentación de informes escritos en los cuales se exponía cómo efectuar las experiencias, y por lo tanto se debía velar por una redacción que ofreciera al testigo virtual una imagen completa de todas las circunstancias incluso de algunas experiencias malogradas que permitiera al lector hacerse una idea cercana a la realidad de los hechos. El objetivo de estas comunicaciones era que sus testigos pudiesen



reproducir la experiencia y así poder establecer un consenso frente a lo que se observaba y a las interpretaciones que suscitaban tales experiencias.

Para éste trabajo de investigación, la importancia de los análisis de Shapin (1991) radica en la consideración de que mediante la fabricación de un artefacto o instrumento, se abren las posibilidades para la construcción de fenómenos, cuya organización y caracterización por medio de las experiencias sensibles (Romero & Aguilar, 2013; Malagón, Ayala & Sandoval, 2013), posibilita la unión de la disyunta relación entre teoría y experimentación, mencionadas ya en apartados anteriores y consideradas también como problemática en el ámbito educativo.

Algunos aportes puntuales retomados de ésta parte, tienen que ver con la elaboración de informes escritos y las consideraciones de los errores presentes en la elaboración de las experiencias, los cuales sirven como base en la construcción de propuestas pedagógicas que pretenden superar las dificultades antes mencionadas:

- Shapin menciona cómo Boyle mandaba cartas a otros experimentalistas con información detallada de sus experiencias: esto puede ser considerado de especial importancia, pues resalta el papel de la comunicación escrita, y puede constituirse para los estudiantes en una exigencia que genera la posibilidad de organización de fenómenos, siendo un proceso más analítico y reflexivo en procesos que tienen que ver con la caracterización, ordenación y medición de éstos.
- Boyle consideraba importante ofrecer a sus lectores algunas circunstancias de las experiencias malogradas, para ser tenidas en cuenta en las reproducciones realizadas por los experimentadores: El problema de las pocas reproducciones exitosas de un experimento también se presenta hoy en día en el ámbito escolar, cuando la actividad experimental se basa en el seguimiento siego de pasos, no todos los



estudiantes realizan el mismo montaje ni todos obtienen el mismo resultado, además cada uno o cada grupo de estudiantes pueden observar diferentes aspectos, que de acuerdo a sus experiencias o a los conocimientos previos pueden tener significados diferentes.

- La importancia dada por Boyle a las narraciones secuencia por secuencia de las experiencias, donde se considere la mayoría de los pormenores y cuidados que se debe tener, puede equipararse a los procesos llevados en las clases de física, con la intencionalidad de evitar la concepción de exactitud en las experiencias recreadas por los estudiantes, pues dichos errores resultan ser insumos importantes de análisis en el proceso de construcción de conocimiento. Es significativo mostrar a los estudiantes la importancia de reconocer éste tipo de aspectos del trabajo científico, puesto posibilita la oportunidad para que éstos se despojen de las ideas de absolutismo, invariabilidad y exactitud que se tienen alrededor de la ciencia.

Retomando estas reflexiones y consideraciones en el ámbito educativo, la actividad experimental y la construcción de conocimiento en la clase puede considerarse como un proceso en el cual se involucra tanto la observación y registro de datos, como la lectura, la escritura, las preguntas, las críticas, las ideas e interpretaciones de los estudiantes, dentro de un ambiente de discusión en el cual deben persuadir a otros y ser persuadidos de aceptar los enunciados que construyen, dando fuerza y valor a sus justificaciones, por medio del dialogo. (Henao & Stipcich, 2008; Henao, 2010; Leitao, 2012)

Lo anterior sirve de base para tomar una postura frente a la práctica argumentativa en el ámbito escolar, como un proceso en el cual se aprende a exponer razones coherentes (Henao, 2010), entre la relación de datos, conclusiones, ideas e interpretaciones que se obtienen de una actividad experimental (Jiménez & Díaz, 2003) orientada en la escuela; donde los



estudiantes interactúan entre sí, para dar a conocer el proceso de su trabajo, como respuesta a una necesidad de buscar acercarse a consensos en la construcción social del conocimiento.

### **3.1.2. La Actividad Experimental en el ámbito educativo: dificultades y posibilidades de transformación.**

La incorporación de la actividad experimental en la clase de física, ha suscitado un interés actual que apenas empieza a ser creciente entre los investigadores en el ámbito educativo, generando espacios colectivos de reflexión y análisis en cuanto al rol que ésta debe desempeñar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física (Malagón, et al., 2011; García, 2011).

A partir de algunas investigaciones realizadas alrededor de esta temática se han vislumbrado dificultades en relación con el diseño, planeación y desarrollo de las actividades experimentales, las cuales tienen que ver con el fin de su incorporación al desarrollo de las clases, la forma como el docente la significa y asume en relación con su concepción acerca del trabajo científico y las concepciones sobre el espacio en el cual se debe realizar.

En varias investigaciones se plantea que las actividades experimentales cumplen con objetivos centrados en puntos de interés diferentes, como lo son el propender porque los estudiantes recreen y simulen las características del trabajo científico (Gil & Valdés, 1995 y 1996); convertirlas en una posibilidad y agente motivador para las clases de ciencia, aunque esto por el contrario genere apatía y poco interés por parte de los estudiantes (Hodson, 1994); asumirlas como un medio por el cual se verifica y contrastan los resultados obtenidos por el seguimiento de procesos matemáticos que confirman la veracidad y exactitud de los conceptos abordados en las clases (Hodson, 1994; Gil & Valdés, 1995 y 1996), asignándole así a la experimentación una connotación subsidiaria de la teoría (García, 2011), entendiéndose como el juez, que verifica sus predicciones.



Otros objetivos relacionados con el espacio donde se llevan a cabo las actividades experimentales, tienen que ver con la consideración de que la actividad experimental está reducida a un espacio, que tradicionalmente se ha denominado “laboratorio”<sup>5</sup>. Algunas investigaciones sobre el tema coinciden en señalar que es usual que la actividad experimental en las clases de ciencia sea asumida con el mismo carácter de una práctica científica, esto es, identificándola directamente a la actividad de los científicos (García, 2011), bajo la consideración de que este tipo de prácticas favorecen el aprendizaje de las ciencias (Hermosillo, 2009).

Esta identificación de la actividad científica y de la actividad experimental en la escuela, ha conducido a asumir que la experimentación en la clase de ciencias debe corresponder a situaciones de intenciones de montajes y procedimientos similares a los llevados a cabo por las comunidades científicas donde tales situaciones se generaron (Romero & Aguilar, 2013). Complementariamente, es usual que en dichos espacios, así como en secciones particulares de libros-texto, se cuente con manuales y guías de laboratorio, que en su gran mayoría contienen pasos y procedimientos a seguir por los estudiantes (García, 2011), con el fin de comprobar conceptos o teorías que se enseñan en el aula; dando la ilusión que la experimentación en la clase de ciencia se trata de la utilización y seguimiento de recetas con el fin de encontrar un resultado que sea exacto, necesario en la comprobación de alguna teoría (Hodson, 1994), pero carente de significado para el estudiante, con relación al concepto abordado.

Con esta reproducción tipo receta de los experimentos en la clase de ciencias lo que se está privilegiando es la adquisición de técnicas y habilidades

---

<sup>5</sup> Normalmente un laboratorio escolar es un sitio con el que algunas instituciones cuentan, en especial instituciones educativas del sector privado. Dicho lugar, además de cumplir con las normas de seguridad establecidas para su adecuado funcionamiento, deben estar dotados de equipos especializados con los cuales se realizan los experimentos que se incluyen en las Guías de Laboratorio con las cuales vienen los instrumentos. La connotación de éstos espacios dentro de las instituciones, es la de recrear un ambiente similar en el cual trabajan las comunidades científicas.



particulares en cuanto al manejo de instrumentos y recopilación de información (Hodson, 1994; Romero & Aguilar, 2013), cuya principal característica es el uso de datos matemáticos y gráficos carentes de interpretación. Además, esta forma de asumir las actividades experimentales en la clase presenta ambigüedades en los objetivos en cuanto a qué se espera lograr con los procedimientos sugeridos y seguidos por los estudiantes (Andrés, Pesa & Meneses, 2008).

Con respecto a las consideraciones que se vienen exponiendo, frente a la concepción que se tiene del espacio del laboratorio en la escuela, cabe mencionar que no es conveniente que estudiantes y profesores asuman el denominado laboratorio y las actividades experimentales de la clase como una forma de posibilitar que éstos se hagan científicos como profesión, ni que éste sea el objetivo primordial dentro de las clases de física (Izquierdo, Sanmartí & Espineth, 1999). Resulta ilógico pensar que todos los estudiantes lleguen a ser científicos; además, dicha concepción sesga los fines y bondades de la actividad experimental en las clases de ciencias, tales como el planteamiento de problemas y la construcción de conceptos por medio de la organización y reflexión a partir de la experiencia.

Otro aspecto que se suma a las dificultades mencionadas, frente a la forma como se orientan las actividades experimentales en las clases de física, tiene que ver con la imagen de ciencia que los docentes han conformado a través de su proceso de formación. En ésta investigación se asumirá como supuesto que la manera como el docente significa y asume la dinámica de la constitución y establecimiento del conocimiento científico, está estrechamente ligada a la forma como orienta sus prácticas de enseñanza (Ayala, 2006; Romero, 2013). Complementariamente, las posturas de los docentes y las reflexiones sobre cómo debe ser enseñada las ciencias, se ven reflejadas en la manera como éste toma decisiones frente a la planeación y ejecución de los planes de estudio.



Si bien existen múltiples factores que contribuyen al establecimiento de las dificultades y problemáticas mencionadas, tal vez uno de los que más influye es la persistencia de una concepción positivista de la ciencia por parte de los profesores; concepción en la que la actividad experimental es considerada como un medio para verificar las teorías, y que cumple un papel de demostración y comprobación para los estudiantes (García, 2011). Hodson (1994), menciona al respecto que éste tipo de procedimientos seguidos en la escuela no permite que el estudiante tenga claridad frente a los conceptos que se están construyendo, el porqué de la práctica elegida y el objetivo del experimento, simplemente realizan el trabajo en el laboratorio como un ejercicio de clase.

Dicha concepción de los docentes, como ya se había comentado en apartados anteriores, se evidencia en su forma de organizar y planear las actividades de clase, aspecto por el cual una de las consecuencias es la fragmentación de la visión de trabajo científico, reflejada en la dicotomía entre la teoría y la práctica, y que proyecta en el estudiante una sobrevalorada importancia a la teoría y una práctica experimental que solo cumple la función de confirmar o refutar las teorías (Iglesias, 2004). Así pues, las consideraciones de una actividad experimental que tiene vida propia, que está lejos de ser solo un juez de la teoría o de cumplir un papel subsidiario de ésta (Romero & Aguilar, 2013; García, 2011), quedan relegadas en los procesos de enseñanza de la física.

Todo lo anterior diezma la actividad experimental no solo a un espacio, sino también a una concepción sesgada de la actividad científica, que no permite explorar la riqueza que encierra en sí misma, en relación con la construcción de conocimiento, el fortalecimiento de los espacios de formación en ciencias, la potencialización del desarrollo de habilidades discursivas y de comunicación que conlleven a un proceso de aprendizaje más crítico y menos memorístico, con sentido para el estudiante, que le permita comprender y explicarse así mismo el mundo. Ante éstas necesidades se han venido gestando reflexiones colectivas frente a las dificultades expresadas hasta el momento, que propenden por



fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias desde perspectivas que intentan encontrar los puntos de relación y solución a dichas problemáticas.

Desde la perspectiva de Hodson (2003), en la enseñanza de las ciencias debe establecerse un objetivo con miras a la formación de los jóvenes que haga prevalecer más los valores sociales y que le sirva a éstos como instrumento para vivir en sociedad. De acuerdo con este autor, el reto para los docentes debe ser incitar a sus estudiantes a la reflexión sobre el origen de los conceptos trabajados en clase, la relación de la experimentación con la tecnología y los procesos discursivos bajo modelos de debate y discusión que conducen a la forma como son enunciadas las teorías, propendiendo por la formación de una visión crítica sobre las implicaciones éticas y sociales que hicieron parte del desarrollo del trabajo científico.

Por su parte el grupo de investigadores Arcà, Guidoni & Mazzoli (1990) defienden, igualmente, una concepción de enseñanza de la ciencia que va encaminada hacia el objetivo de la conformación de lo que ellos llaman una cultura científica de base, que lejos de asumir que se trate de la formación de científicos en la escuela, se pretende aportar a los estudiantes elementos que le sirvan tanto para su desarrollo cognoscitivo, como para asumir un sentido crítico y ético en cuestiones de ciencia y su relación con el medio ambiente y la sociedad.

En particular, este grupo de investigadores, presenta las bases teóricas de una propuesta pedagógica de enseñanza de las ciencias fundamentada en las fructíferas relaciones establecidas entre la triada Experiencia-Lenguaje-Conocimiento. A través de esta triada se advierte que si bien nos relacionamos con la realidad por medio de la experiencia, la forma de presentar las representaciones derivadas de ella, es por medio del lenguaje, y de la construcción de dichas representaciones, la interacción y la comunicación con otros, se construye el conocimiento.



### 3.2. El rol del instrumento de medida en los procesos de medición.

*“...Los fenómenos de la física son las llaves que abren el universo. Los seres humanos hacen las llaves, y tal vez, también las cerraduras en las que dan vuelta.”*  
(Hacking, 1996, p.257)

*“Los aparatos han extendido nuestra conciencia del mundo. Por medio de ellos hemos ampliado nuestros horizontes y perspectivas y se ha transformado el mundo en que vivimos.”*  
(Iglesias, 2004, p.111)

La usual relación entre medición, instrumento de medida y experimentación, implícita en la mayor parte de las mencionadas formas de concebir el experimento en física, radica en asumirla como un proceso del cual se extraen medidas del mundo físico, haciendo uso de artefactos, aparatos o instrumentos que se adquieren para cada situación, sin embargo, dichos instrumentos son utilizados desconociendo la carga teórica que subyace desde su construcción como en la forma de utilización, las razones que generaron su construcción, y los hitos de su surgimiento (Romero & Aguilar, 2013).

Cabe mencionar también, que es común que cada que se habla de un proceso de medición o un instrumento en una actividad experimental, se sitúa dicho acontecimiento dentro de un lugar especializado, un lugar donde deben existir organizaciones instrumentales especializadas, en el cual se privilegie la idea de la exactitud derivada de una adecuada atención a los pasos y métodos que deben tenerse en cuenta para llegar a los resultados esperados. Es precisamente esto lo que se plantea como el seguimiento de guías con un enfoque “recetario” (García, 2011); es la concepción pues, de un lugar donde se toman datos, se descubre y hay necesidad de desarrollar destrezas de manejo de instrumentos. Dicho lugar es llamado laboratorio, y es concebido como el recinto en el cual solo es lícito el conocimiento científico, un lugar al cual se le ha



otorgado una connotación de exactitud en los datos arrojados durante los procedimientos y montajes hechos, como resultado de un adecuado manejo de instrumentos que posibilita la refutación o comprobación de la teoría a la que se le pone en juego su veracidad y utilidad. Así pues, desde estas perspectivas el instrumento es utilizado ciegamente en estos procesos, perpetuando la separación entre la teoría y el experimento.

Contrario a esto, hay algunos planteamientos y análisis que promueven el surgimiento de reflexiones que ponen de relieve las bondades de nuevas perspectivas de consideración del uso y construcción del instrumento como vía de superación de la disyunta relación mencionada, tales como el surgimiento intencionado de los instrumentos, respondiendo a los intereses de cada época (Ferreirós & Ordoñez, 2002), los instrumentos en interrelación dialógica en la creación de fenómenos (Hacking, 1996), la carga teórica y la reflexión histórica que supone la construcción de aparatos (Iglesias, 2004), el surgimiento de los instrumentos a partir de la caracterización de propiedades tendientes a ser clasificadas y ordenadas como parte de procesos de medición, lo cual supone una construcción conceptual en torno al fenómeno observado (Duhem, 2003; Campbell, 1994).

Otras consideraciones en torno al instrumento, desprendidas de las anteriores se mueven en el campo educativo, a partir de las cuales han surgido algunas investigaciones derivadas de reflexiones que tienen que ver con el uso de instrumentos en la clase de física y como parte de las actividades experimentales. Dichas investigaciones se desenvuelven en torno al interés de superar dificultades propias a la connotación de actividad experimental que se deriva de las clásicas miradas de experimentación en la construcción de conocimiento científico, y que redundan en concepciones fragmentadas y carentes de sentido entre los maestros y estudiantes (Medina & Tarazona, 2011; Restrepo, Guzmán & Romero, 2013; Malagón, et al., 2011; Romero & Aguilar, 2013).



A continuación se describen dos concepciones que sobre los instrumentos de medida, se tomaron en cuenta en ésta investigación, para la construcción de una propuesta pedagógica y el posterior análisis de los datos generados a partir de su implementación.

### **3.2.1. El instrumento de medida como generador y producto de fenomenologías**

En éste trabajo de investigación, se han planteado algunos cuestionamientos como:

- ✓ ¿Son los fenómenos entidades que están allí a la espera de ser descubiertas?, o ¿pueden ser considerados como constructos sociales?,
- ✓ ¿Es importante reflexionar sobre los aspectos materiales e historicidad en la construcción de un instrumento?,
- ✓ ¿Cuál es la significación conceptual que subyace en la forma como están dispuestos y a su utilización?

La relación de éstas preguntas con el campo educativo, direccionan las reflexiones que orientan y alimentan las propuestas y análisis realizados.

A partir de dichas reflexiones, se toman en cuenta algunas ideas planteadas dentro de la literatura que aborda éste mismo asunto, en el cual se insinúa que el proceso que subyace a la construcción de un instrumento de medida, proporciona espacios que privilegian la construcción colectiva de explicaciones, dando pie a que se pueda encontrar el hilo conductor entre experimentación y teoría. La experimentación entonces, es asumida como una posibilidad de superar la visión de ésta en el sentido de verificación de la teoría para convertirse en la posibilidad de ampliar la visión acerca de la construcción de un fenómeno a partir de la explicación, narración y análisis del funcionamiento de los instrumentos fabricados, pues es éste en sí un proceso de teorización.



En el apartado anterior se mencionaron los aportes en Shapin (1991) acerca del trabajo realizado por Boyle en la construcción de la bomba del vacío como elemento por medio del cual se construyeron conocimientos nuevos sobre el aire; se resalta ahora la forma de proceder de Boyle en cuanto a servirse de dicha bomba para generar los fenómenos que posteriormente él terminaría interpretando de acuerdo con los intereses conceptuales y búsqueda de respuestas a las preguntas planteadas para la época en relación con el tema.

Así pues, para Ferreirós & Ordoñez (2002) los instrumentos han surgido de las descripciones y observaciones intencionadas en un contexto socio-temporal, los cuales están relacionados con la búsqueda de soluciones a problemas o adaptaciones tecnológicas de gran utilidad para las sociedades en cuestión. En este sentido, puede considerarse que el instrumento no es ajeno al fenómeno, ni externo a él, puesto que éste existe en cuanto existe un fenómeno con el cual se relacione conceptualmente. El fenómeno y el instrumento se constituyen en relación dialógica, la construcción y desarrollo de un instrumento, supone a la vez la construcción conceptual de un fenómeno (Velasco, 1998).

De acuerdo con Iglesias (2004) y Latour & Woolgar (1995) los aparatos o instrumentos, son también creaciones que están asociadas al fenómeno y a la necesidad o interés de la organización de las propiedades observadas que dan cuenta de la construcción conceptual que se esté realizando. El sentido conceptual que tiene un instrumento lo proporciona quien lo construye, y al analizar el proceso de construcción se entiende o se da a entender cuál es su visión sobre el fenómeno, cómo lo entiende, es decir, que el fenómeno depende de quien lo conoce (Romero & Aguilar, 2013).

Un ejemplo de lo anterior, se puede encontrar en la forma usual como está construido un termómetro, al realizar lecturas de textos de primera fuente como *Del Calor en General* de Joseph Black y *Cartas a una Princesa de Alemania* de Leonhard Euler se puede vislumbrar que las bases de la construcción del



termómetro se encuentra en las observaciones realizadas de los efectos que ocasiona el “calor” en los objetos y líquidos. A continuación, algunas descripciones relativas a estos efectos:

...se observa generalmente que todos los cuerpos al calentarse aumentan. Una barra de hierro, cuando está muy caliente, se hace más larga y ancha que cuando estaba fría. (...) la variabilidad, causada por el calor y frío. Se produce en todos los cuerpos, pero difiere mucho según la naturaleza de la materia de que están formados; unos son mucho más sensibles que otros. En los fluidos ésta variabilidad es muy sensible. (Euler, 1760, p.103)

...nuestro primer asunto debe ser necesariamente, estudiar los hechos pertenecientes a nuestro tema, y prestar atención a la forma en que el calor entra en distintos cuerpos, o se transmite de unos a otros, ambos con las consecuencias de su entrada, que son los efectos que produce en los cuerpos. (...) estos efectos generales del calor son: expansión, fluidez (...) (Black, 1803).

Así pues, la construcción del termómetro, se basa en los conceptos derivados de las observaciones del efecto de expansión y dilatación, que se evidencian en los objetos y líquidos al ser sometidos a fuentes de calor. Los diversos experimentos realizados constituyen dicho fenómeno y conllevan a pensar que dicho efecto puede ser empleado como una forma de indicar los diversos grados de calor que se pueden presentar en un determinado lugar u objeto. La expansión o dilatación de un líquido u objeto, es considerado entonces, como un índice o un indicador de lo que proporciona dicho efecto.

Es así, como se considera el termómetro como instrumento que se construye paralelamente con el fenómeno térmico, el cual se convierte en las bases de su funcionamiento, y por tal razón, se defiende la idea de que no puede estar aislado del efecto mismo.



Es por esto que puede asegurarse que un fenómeno no es un extracto de la naturaleza, no es algo que está allí, esperando a ser descubierto, "...los fenómenos de la ciencia no están ante la vista; debe trabajarse mucho para que advengan a existencia" (Iglesias, 2004, p.115). Hacking (1996) sostiene que los científicos, por lo tanto, no descubren y explican fenómenos "extraídos" de la naturaleza, por el contrario, los crean para convertirlos en piezas centrales de la teoría. En éste mismo sentido Latour & Woolgar (1995) nos presentan la imagen de un laboratorio, como el espacio donde se crean las condiciones, los efectos, los fenómenos de los cuales se desprenden un vasto número de discursos y documentos a partir de una construcción conceptual, que se produce dentro de una comunidad, a partir de consensos y discusiones generadas en torno a un interés colectivo. Podría considerarse esto como la teoría.

### **3.2.2. Los procesos de medida de las propiedades físicas desde las perspectivas de Campbell y Duhem.**

En el desarrollo del trabajo científico, los procesos de medida han sido un elemento de gran relevancia, entendidos como los procedimientos realizados históricamente a partir de la experimentación, que permiten la representación de una idea a partir de la construcción de un fenómeno, por medio del cual se llega al establecimiento de significados y relaciones conceptuales con los cuales se van formalizando constructos teóricos a través de la historia. (Hacking, 1996)

Hacking (1996), en su apartado sobre la medición, menciona la importancia de éstos experimentos realizados por distintos individuos, que a través de la historia han marcado hitos en cuanto a la construcción de conocimiento científico, dada "la genialidad de concebir no sólo una idea experimental brillante, sino la capacidad de ponerla en práctica por medio de la invención de una serie de concepciones experimentales adicionales y de innovaciones tecnológicas" (Hacking, 1996, p.264)



Dichas innovaciones tecnológicas, hacen referencia a los instrumentos que fueron construidos para tal fin, y que refuerzan la idea defendida en el apartado anterior, acerca de la carga teórica que supone la construcción de un instrumento y su utilización; del mismo modo permite establecer que el proceso de medida supone cierto conocimiento conceptual de lo medido, una previa organización, reflexión y análisis de las propiedades derivadas del proceso de construcción de un fenómeno.

En su acepción más amplia la medición se puede definir de acuerdo a los planteamientos de Campbell y de Duhem, como el proceso que permite la asignación de números a propiedades o atributos para ser representadas (Rodríguez, 2008) y que permite dar información de ellas, utilizando las relaciones de orden (igualdad y desigualdad), las cuales son asociadas directamente con la teoría de números.

A continuación se desarrollarán las ideas que sobre los procesos de medición aportan los trabajos realizados por Norman Campbell y Pierre Duhem.

### **3.2.2.1. La perspectiva de Norman Campbell**

Con un ejemplo sencillo Campbell establece su objetivo central respecto a la concepción de medición, empezando por establecer qué propiedades pueden ser medibles y cuáles no, una idea que se comprende desde el sentido común, y que abre la puerta a las reflexiones siguientes respecto al tema:

“... supongamos que tengo dos sacos de patatas que son idénticos en cuanto a peso, precio, variedad y cualidades culinarias, y que vacío los dos sacos en uno, de modo que ya no queda más que un solo saco de patatas. Este saco diferirá de los dos primeros en peso y precio (las propiedades medibles), pero no diferirá de ellos en cuanto a variedad y propiedades culinarias de las patatas (las propiedades que no son medibles)” (Campbell, 1994, s.p.).



Nótese que en el ejemplo se advierte, que al mezclar los dos sacos de patatas, aumenta el peso y por lo tanto el precio, es decir, que se realiza una adición entre éstas dos propiedades, así pues, si en cada saco inicialmente había 100 patatas, se obtendrán luego de la mezcla 200 patatas. Por su parte, las propiedades culinarias, que podrían ser color, sabor o textura se podrían considerar algunos números que las representara, por ejemplo se hablaría de unos índices de textura de 1 a 5; sin embargo, si la textura de cada saco de patatas fuera de 3, luego de la mezcla no sería comprensible afirmar que la textura aumente a 6.

Al respecto, Campbell menciona que “las propiedades medibles de un objeto tienen que parecerse de algún modo particular a la propiedad de ser número” (Campbell, 1994, s.p.), es decir, que puedan ser representadas por los mismos símbolos que son utilizados en los procesos de contar: las cifras. Atendiendo a esta demanda, realiza una exposición sobre las reglas del contar que se cumplen para los números, y que como él lo expone han sido descubiertas a través de la historia de la humanidad, lo que ha permitido el uso que se les da habitualmente.

Para que una propiedad sea medible, de acuerdo con los planteamientos derivados de los análisis de Campbell (1994), debe cumplir con tres reglas:

- ✓ La primera establece que si dos objetos respecto a una propiedad, son iguales a un tercer objeto, entonces éstos son iguales el uno respecto del otro,
- ✓ la segunda regla plantea la posibilidad de la construcción de una serie normal por la adición sucesiva de objetos iguales respecto a una propiedad, que permita medir cualquier otro objeto de la misma propiedad, es decir, lo que se conoce como patrón de medida,
- ✓ y como tercera regla se establece que iguales añadidos a iguales producen sumas iguales.



Para poder analizar si se cumplen o no estas reglas, es preciso establecer, para cada caso particular, cómo se establece cuando dos propiedades son iguales y cómo se adicionan.

Estas tres reglas, permiten a Campbell dar respuesta a sus preguntas iniciales, ¿qué propiedades pueden ser medibles?, en la construcción de la respuesta a ésta pregunta se plantea el siguiente ejemplo, respecto a la propiedad de longitud:

“Se dice que dos varillas rectas son iguales en longitud si pueden colocarse de tal modo que los dos extremos de una queden contiguos a los dos extremos de la otra; están sumadas respecto de la longitud cuando se colocan de tal modo que un extremo de la uno es contiguo a un extremo de la otra, mientras las dos juntas forman una sola varilla recta. Aquí también comprobamos que se cumplen las tres reglas. Dos cuerpos que sean iguales en longitud a un tercero son iguales entre sí. Sumando sucesivamente varillas unas a otras puede formarse una varilla que sea igual a cualquier varilla propuesta. Y varillas iguales sumadas a varillas iguales producen varillas iguales. La longitud es, por tanto, una propiedad medible.” (Campbell, 1994, s.p.)

Sin embargo, Campbell da cuenta que hay algunas propiedades que no se ajustan al proceso fundamental, que es la comprobación de las reglas descritas anteriormente. A este tipo de proceso de asignación de cifras a propiedades que no cumplen con las reglas, le ha llamado medición derivada y dependiente. La inconsistencia de estas propiedades ante las reglas establecidas, radica en que no son susceptibles a la adición, y por tanto se propone una nueva medición que basa sus análisis en las relaciones de orden, característico de las cifras que se usan para representar las propiedades.

Campbell describe el caso de la densidad, como una propiedad que no puede ser medida, mediante el método fundamental:



“...al afirmar que un cuerpo tiene el peso 2 es que puede formarse un cuerpo del mismo peso combinando dos cuerpos de peso 1 (...). En cambio, cuando decimos que el mercurio tiene una densidad de 13.5 no queremos decir que pueda prepararse un cuerpo de esa misma densidad combinando 13 cuerpos y medio de densidad 1 (agua).” (Campbell, 1994, s.p.)

Como ya se había mencionado, al fallar la regla alusiva a la adición, Campbell advierte que es posible, aun así, establecer un orden entre las distintas densidades que se puede presentar. Estas relaciones de orden son características de éste tipo de propiedades, y resultan de carácter cualitativo, se puede expresar así que un líquido A, por ejemplo, es más denso que un líquido B, por lo tanto se puede asegurar que A es mayor que B, y a partir de comparaciones sucesivas entre varios líquidos, se puede establecer un orden, característico de las cifras.

A pesar de esto, se encuentran dificultades a la hora de generalizar dicho proceso, y tal como lo expresa Campbell (1994), se encuentran excepciones a las reglas establecidas, lo que no permite la medición de éste tipo de propiedades. Sin embargo, hace alusión, a que la densidad se compone de la relación entre dos propiedades que si cumplen con las reglas de la adición y la igualdad, las cuales son el peso y el volumen, lo que permite establecer una relación numérica entre ellas y la asignación de cifras permitiendo así realizar una ordenación entre varios objetos que comparten ésta característica. Para Campbell, la densidad da cuenta de una característica de cualidad en contraste que depende de dos propiedades, el peso y el volumen, que le dan la connotación de cantidad.

“En el caso de la densidad, hallo que si mido el peso y el volumen de un cuerpo y divido el peso por el volumen, las cifras así obtenidas para diferentes cuerpos se encuentran en el mismo orden que sus densidades, definiendo la densidad. Así descubro que 1 litro de agua pesa 1 kg, y que un litro de mercurio



pesa 135 kg; el peso dividido por el volumen da para el agua 1, y para el mercurio 13,5; 13,5 es mayor que 1; según esto, si el método es correcto, el mercurio debe ser más denso que el agua (...). Por tanto, si tomo como medida de la densidad de una sustancia el cociente de su peso por su volumen, hallo un número que está fijado de un modo definido y cuyo orden representa el orden de densidad” (Campbell, 1994, s.p.)

Por su parte, Duhem (2003) realiza un trabajo en el que plantea una manera particular de asignar un orden y números para representar la temperatura.

### 3.2.2.2. La perspectiva de Pierre Duhem

Según Duhem (2003) para que una propiedad sea medible debe ser comparable entre un grupo de objetos que comparten la misma característica, la comparación permite realizar inferencias acerca de un orden y establecer patrones que permitan cuantificar cualquier objeto en relación con la propiedad que se observa.

De acuerdo con Duhem (2003) al realizar un proceso de comparación entre dos objetos respecto a la misma propiedad se establecen leyes en las cuales es posible utilizar el lenguaje de la aritmética y que por tanto permite construir relaciones de orden representadas por signos aritméticos como:  $<$ ,  $>$  y  $=$  con los cuales se definen en la aritmética postulados como la transitividad.

Por ejemplo al comparar dos longitudes se encuentran relaciones que pueden ser representadas mediante dichos signos, propios de la aritmética:

- “Dos longitudes iguales a una misma longitud son iguales entre sí” (Duhem, 2003, p. 139). Lo que puede escribirse como  $A = B \wedge B = C \Rightarrow A = C$



● “Si una primera longitud es mayor que una segunda, y ésta es mayor que una tercera, la primera longitud es mayor que la tercera” (Duhem, 2003, p. 139). Lo que se puede escribir como  $A > B \wedge B > C \Rightarrow A > C$

Además de las relaciones de orden establecidas puede hallarse que una longitud mayor puede ser formada por la adición sucesiva de longitudes menores, esto supone que la categoría de la cantidad considerada como una magnitud, de carácter extensivo, debe cumplir con la característica esencial de poder ser formada siempre por la adición, y que se pueda realizar por medio de una operación que posea la doble propiedad conmutativa y asociativa representada por el signo +. (Duhem, 2003). Esto se puede escribir como “ $A + B > A$ ,  $A + B > B$ ;  $A + B = B + A$ ;  $A + B + C = (A + B) + C$ ” (Duhem, 2003, p. 140).

Como consecuencia de lo anterior, Duhem plantea que una longitud  $A$  puede ser representada como la suma de  $n$  longitudes de igual tamaño, lo que simbólicamente se representaría como  $A \times n$ , siendo así  $n$  una longitud-patrón y cuando  $A$  es menor que el patrón elegido  $n$ , se habla de que dicha magnitud estaría representada por un número fraccionario o inconmensurable y el patrón  $n$ .

Tal como lo expresa Duhem (2003), todo el anterior análisis puede ser aplicado a cualquier propiedad que pertenezca a la categoría de la cantidad, como el volumen, las superficies, los ángulos y los tiempos.

Al hablar de la generalización de éstas leyes para cualquier magnitud, Duhem utiliza la palabra estado de una magnitud refiriéndose a una cantidad que se puede formar por adición de otras cantidades más pequeñas a las cuales llama estados más pequeños esta concepción de estado se utiliza en éste caso para el ejemplo de una magnitud como la longitud, pero que puede ser equiparable con otro tipo de magnitudes de la cuales Duhem (2003) habla más adelante, como magnitudes que no cumplen con las reglas-leyes de la aritmética. Aparece



entonces dicho término de estado como la posibilidad de ser empleado, por ejemplo, al referirse a la temperatura como una magnitud que da cuenta de un estado.

“La cantidad es lo que tiene una partes fuera de las otras. Todo atributo que no es cantidad es cualidad” (Duhem, 2003, p. 142). De acuerdo a las descripciones de Duhem (2003) respecto a la precisión sobre lo que es cualidad, menciona que éstas son “propiedades sensibles”, es decir, que se reconocen y construyen por medio de los sentidos, a partir de los cuales se pueden realizar descripciones en relación con la intensidad con la que se presenta dicha cualidad.

Respecto a la intensidad con la que se puede presentar una cualidad Duhem expone que:

Ante todo, querríamos establecer una relación entre las diversas intensidades de una misma cualidad y los distintos estados de magnitud de una misma cantidad; comparar el aumento de intensidad o el debilitamiento de intensidad con el aumento o la disminución de una longitud, de una superficie o de un volumen. (Duhem, 2003, p. 143)

Duhem entonces, establece relaciones de orden entre las intensidades de una cualidad de la misma especie, para lo cual pueden ser utilizados los signos =, >, < al igual que sucede con las cantidades de una misma magnitud. Puede llegarse a conclusiones acerca de la intensidad en la que se presenta una cualidad, por medio de comparaciones, así pues, ejemplos como la intensidad del color que se presenta en la tela, es una de las formas como Duhem (2003) sostiene y presenta que puede ser ordenada la intensidad de una cualidad:

A, B, C... son telas rojas cuyos matices comparamos. La tela A puede ser de un rojo tan intenso, menos intenso o más intenso que la tela B. si el matiz de A es tan intenso como el matiz de B y el matiz de B tan intenso como el matiz de C, el matiz de A es tan intenso como el matiz de C. Si la



tela A es de un rojo más vivo que la tela B y ésta de un rojo más vivo que la tela C, la tela A es de un rojo más vivo que la tela C. (Duhem, 2003, p. 143)

Sin embargo Duhem (2003) advierte, que no puede conformarse una intensidad de una cualidad, como la suma de varias partes de intensidades de la misma cualidad, así pues, no podría formarse un color rojo más intenso sumando o juntando pedazos de la tela roja de menos intensidad, es decir que “una cualidad de una cierta intensidad no contiene, como parte integrante, la misma cualidad con una intensidad menor; y tampoco está incluida, como parte, en la composición de la misma cualidad más intensa” (Duhem, 2003, p. 144).

Esto supone que una cualidad no puede ser expresada, ni representada por medio del signo (+), es decir, que las cualidades no pueden sumarse entre sí para conformar otra mayor de la misma clase y por lo tanto no existiría un patrón de medida de la misma cualidad, que de cuenta de dicha conformación. La categoría de la cualidad, analizada desde los parámetros descritos para la categoría de la cantidad no sería susceptible de ser medida.

Sin embargo, menciona que una misma cualidad puede presentar varias intensidades, las cuales pueden ser representadas por un número de acuerdo con su grado de intensidad:

Una misma cualidad puede presentar una infinidad de intensidades distintas, y esas intensidades distintas se pueden fijar y numerar, poniendo el mismo número cuando la misma cualidad se presenta con la misma intensidad, y marcando con un segundo número más elevado que el primero en el caso de que la cualidad considerada sea más intensa. (Duhem, 2003, p.149)

Con este procedimiento se puede construir una escala, que permite dar un sentido físico a los números que representan las intensidades de la cualidad.



Para conformar las escalas que sirvan para marcar las distintas intensidades de una cualidad, Duhem (2003) propone tener en cuenta la consideración de que el cambio de intensidad de una cualidad puede ocasionar algún efecto cuantitativo, de igual proporción en otra propiedad de la categoría de la cantidad; “se elige éste efecto de tal modo que su magnitud vaya creciendo al mismo tiempo que la cualidad que lo causa se vuelve más intensa” (Duhem, 2003, p.152).

Duhem (2003), trata más ampliamente el caso de la temperatura, en relación con la construcción de escalas, asumiendo la idea anteriormente expuesta, ejemplo que se muestra a continuación:

Cada parte de un cuerpo, está siempre dotada de una cualidad a la cual se denomina “lo caliente”, dicha cualidad se presenta en diversas intensidades en tiempos diferentes. Cuando se sustituye las intensidades en las que se presenta dicha cualidad por un símbolo numérico se denomina temperatura. De acuerdo a esto “la temperatura será un número atribuido a cada punto de un cuerpo y en cada instante, y estará vinculado al calor que reina en este punto y en este instante” (Duhem, 2003, p. 150).

Se había comentado en apartados anteriores, que los efectos ocasionados por el “calor”, se relacionaban con la dilatación o expansión en los objetos o líquidos, en éste caso se asumirá la dilatación como un efecto cuantitativo, de tal modo que éste crezca a medida que la cualidad denominada lo caliente se vaya haciendo más intensa.

Dada ésta consideración, se retoma lo expuesto por Duhem (2003) donde presenta el termómetro como la concreción conceptual de ésta relación:

Así en un recipiente de cristal que rodea un cuerpo caliente, el mercurio sufre una dilatación aparente, y esta dilatación es tanto mayor cuanto más



caliente está el cuerpo. Este es un efecto cuantitativo que proporcionará un termómetro, que permitirá construir una escala de temperaturas apta para señalar numéricamente las distintas intensidades de calor. (Duhem, 2003, p. 152)

Las consideraciones realizadas para la construcción de las escalas termométricas, se ampliarán en los apartados siguientes.

### **3.2.2.3. Intereses conjuntos para la investigación.**

En sus trabajos, tanto Duhem (2003) como Campbell (1994), le otorgan gran importancia al estudio de aquellas magnitudes, que dan cuenta de una cualidad particular, y de las relaciones establecidas mediante la actividad experimental, que permiten la representación de tales magnitudes con símbolos numéricos. Dichas representaciones, de acuerdo con los autores, están dotadas de un sentido físico, que suponen un amplio conocimiento de las propiedades estudiadas, el número da cuenta de una simbología que permite la interpretación de las características de los hechos físicos de los cuales habla.

Para el interés de éste trabajo de investigación, la importancia de los aportes dados por Duhem (2003) y Campbell (1994), con respecto a la teoría de la medición, radica en gran parte, en el establecimiento de procesos que permiten que magnitudes de carácter cualitativo sean susceptibles de ser medidas, resaltando la importancia de la construcción de significados, materializada en las escalas que dan cuenta de los efectos que se relacionan con dichas magnitudes, lo que permite establecer un orden para sus diferentes intensidades.

Esto también permite ampliar el horizonte frente a la teoría de la medición, que permita superar visiones positivistas de la ciencia, que conllevan a considerar de manera reduccionista la acción de medir como la asignación de un dato



numérico a una propiedad por medio de un instrumento, sin posibilidad de realizar una reflexión y análisis del significado teórico de éste.

Así pues, se termina por considerar que una cantidad expresada mediante un número por sí solo no tiene ningún significado, ningún sentido físico, que solo por medio de la experiencia y su organización se construyen representaciones y significados, procedimientos que dan cuenta de la construcciones de escalas, esto requiere un consenso frente a dicho sentido atribuido a determinado número, que hace alusión a una cualidad o cantidad. El número por sí solo no proporciona información valiosa, es el significado construido alrededor de dicho número el que ayuda a formalizar una cualidad y que ayuda a formular las conclusiones en cuanto al dato o información que se obtiene de ésta.

### **3.2.3. Los procesos de medición en el aula de clase: un proceso ciego**

Generalmente en el ámbito educativo, se entiende por proceso de medición, la aplicación de un instrumento de medida a un sistema físico, cuya existencia está dispuesta de acuerdo con la propiedad a medir, resultado de lo cual se genera un dato numérico asumido en la mayoría de los casos sin posibilidad de reflexionar acerca de su significado (Martins, 2007).

Como ya se ha comentado, dentro de la actividad experimental que se realiza en el ámbito educativo es usual que se le confiera al proceso de toma, registro y análisis de los datos la mayor importancia, con el objetivo de corroborar y cotejar los datos teóricos, para así comprobar su veracidad y consistencia. (Romero & Aguilar, 2013; Romero & Rodríguez, 2005, Malagón, et al., 2011)

Esto hace que el centro de atención sea el desarrollo de las destrezas para la utilización de los instrumentos y el análisis estadístico de los datos (Hodson, 1994; García, 2011), de manera que un resultado que no coincida con lo esperado, no es cuestionado en cuanto a la estructura y conformación del



Instrumento utilizado, ni al significado de dicho resultado en relación con la magnitud medida; por el contrario, es usual que se busquen las razones de la no coincidencia solo en la relación entre el correcto manejo de los instrumentos y el seguimiento de los pasos en la construcción del montaje necesario para la experiencia en particular (Malagón, et al., 2011).

Otro efecto derivado de ésta forma de asumir los procesos de medición es la búsqueda de la exactitud en los datos obtenidos, y ésta idea hace que se rechace cualquier reflexión o información que pueda derivarse de la experiencia sensible. Esto no permite vislumbrar la importancia que han tenido los sentidos en los procesos de medición y construcción de instrumentos, pues como se plantea desde algunas investigaciones que se han ocupado del asunto (Romero & Aguilar, 2013; Romero & Rodríguez, 2005; Martins, 2007; Malagón, et al., 2011; Medina & Tarazona, 2011), los procesos de medición se relacionan en gran medida, con las percepciones que se pueden tener de algún fenómeno, y que dichas percepciones conlleven a la construcción de significados en torno a la organización de dicha experiencia sensible.

Así pues, cuando se reduce el proceso de medición a la obtención de un resultado numérico por medio de técnicas de medida y a los asuntos de precisión de los instrumentos, se deja de lado las posibilidades de una adecuada comprensión del proceso organizacional de la actividad experimental como medio por el cual se puede llegar a la ampliación de la experiencia y a la construcción y organización de fenomenologías, así como a la construcción social de conocimiento en el aula, continuándose de esta forma con el problema de la ya citada separación entre la teoría y experimentación.

Esto tiene que ver con lo que Martins (2007) expone como el enfoque operacional o funcional de la medida, surgido en el campo científico a principios del siglo XX. De acuerdo con éste enfoque la teoría de la medición está definida por un conjunto de operaciones de laboratorio que tiene como resultado un



número con una unidad, donde es importante incluir y tener en cuenta los cálculos matemáticos que definen la magnitud.

Un ejemplo de esto, en el caso del estudio de las escalas termométricas, es el marcado énfasis que se le da al hecho de que los estudiantes, aprendan a utilizar las fórmulas con las cuales se puedan convertir las unidades correspondientes a la temperatura para expresarlas bien sea en grados Celsius, Fahrenheit o Kelvin. Así pues se centra más la atención en la toma de un dato mediante un instrumento, donde se centra el interés en el saber operar con dicho dato, más que en la reflexión en torno a la carga teórica que supone dicho resultado.

A pesar de las críticas al operacionalismo, éstos procedimientos de medición se asumen en el ámbito educativo, como las teorías de la medición aceptadas, cuyo propósito general consiste básicamente en el desarrollo de habilidades en el uso de definiciones operacionales para relacionar conceptos simbólicos con cantidades observables, y en prestar mayor atención a procedimientos estadísticos que busquen controlar los errores sistemáticos dentro de la medición (Martins, 2007).

De acuerdo con los estudios realizados por Martins (2007), el operacionalismo en los procesos de medición es considerado insuficiente, y se tienen publicaciones en el campo educativo que advierten y llaman la atención sobre las contradicciones que se pueden encontrar cuando se adopta el punto de vista operativo en el proceso de medición. A pesar de esto, muchos de los programas de educación en ciencias, aún sostienen la importancia de que los estudiantes aprendan a utilizar adecuadamente los instrumentos para realizar mediciones directas y que, a su vez, aprendan a tomar las lecturas correctas y hacer los ajustes pertinentes de acuerdo con el instrumento utilizado.



Lo anterior proporciona una visión inadecuada tanto en profesores como estudiantes acerca del tema de la medida, considerándola como el uso ciego de instrumentos para realizar mediciones y posteriormente realizar una manipulación estadística de los casos, que permita cotejar los datos experimentales con los teóricos (Martins, 2007). Esto trae algunas repercusiones como la dificultad que tienen los estudiantes para comprender por qué en un trabajo de laboratorio se deben realizar repeticiones en las mediciones.

Hay que tener en cuenta que los instrumentos no son exactos, los datos derivados de éste son aproximaciones conceptuales a una magnitud física, que permiten su descripción, y que el proceso de construcción de un instrumento supone un conocimiento conceptual que va a influenciar los procesos de medición que con ellos se han realizado, se requiere de un conocimiento teórico que orienta a su vez la actividad experimental (Martins, 2007).

#### **3.2.4. Clasificación y ordenación como fundamentos del proceso de medición**

Como forma de superar la visión operacional de los procesos de medición en el ámbito de la enseñanza, algunas investigaciones (Guidoni & Arcá, 1987; Martins, 2007; Romero & Aguilar, 2013; Romero & Rodríguez, 2005; Malagón, et al., 2011) han coincidido en retomar y adecuar las propuestas que desde la filosofía e historia de las ciencias, se han realizado en cuanto al tema. Ejemplos de tales propuestas son el caso de las descripciones de los procesos de medición realizadas por Duhem (2003) y Campbell (1994), quienes reconocen la importancia de la experimentación para la construcción de las magnitudes, por medio de procesos como la comparación entre dos objetos que poseen la misma cualidad, de lo cual se obtienen resultados que se puede expresar con los signos  $>$ ,  $<$ ,  $=$  lo que permiten realizar asociación con algunas leyes aritméticas, a las cuales se les ha dotado de una significación amplia respecto a las propiedades y atributos diferenciados a partir de la experiencia.



Alrededor de dichas propuestas se han realizado interpretaciones que redundan en reconocer que para la construcción de un proceso de medida, se deben tener en cuenta la orientación de algunas actividades como la observación y clasificación de propiedades o atributos que permitan un proceso de ordenación teniendo en cuenta sus características variables. A partir de estos procesos se puede identificar si se trata de una cualidad medible o no, y por lo tanto si es posible llegar a la construcción de escalas, lo que posibilita la reflexión sobre el tipo de instrumento con el cual se den indicios de los cambios de intensidad.

Como se ha mencionado, a partir de la experiencia se construyen explicaciones y significados a las percepciones que se forman gracias a los sentidos puestos en interacción con objetos y fenómenos, poniendo de relieve diferencias o semejanzas encontrados en estos, dada la definición de criterios que permitan agruparlas de acuerdo a las características en las cuales se centra la atención (Guidoni & Arcá, 1987; Romero & Rodríguez, 2005).

Esas características o rasgos, en las cuales se centra la atención durante una clasificación, reciben el nombre de atributos o propiedades, las cuales surgen de circunstancias o convenciones (Romero & Rodríguez, 2005; Romero & Aguilar, 2013), que se van construyendo a partir de un consenso social alrededor de las percepciones formadas por medio de los sentidos, que permiten reunirlos bajo un mismo nombre en común (Guidoni & Arcá, 1987).

De acuerdo con Guidoni & Arcá (1987), es posible hallar propiedades variables, que se presentan a diferentes grados de variación cuando uno de sus aspectos muta o cambia mediante un proceso físico. Observar los grados de variación de una propiedad y luego compararlos entre sí, permite realizar un proceso de ordenación según relaciones de orden establecidas a saber, de igualdad o desigualdad (Romero & Aguilar, 2013).



Por tal razón, al pretender definir la medición, algunas investigaciones la asumen como el proceso mediante el cual se comparan magnitudes – o propiedades de un objeto – con otra de la misma clase, la cual se define como patrón, cuyo resultado es un número real (Romero & Rodríguez, 2005; Romero & Aguilar, 2013; Malagón, et al., 2011).

A partir de la relación de las propiedades comparadas con el patrón establecido, se empiezan las consideraciones que tienen que ver con la cuantificación de la magnitud, lo cual como lo exponía Campbell (1994) se refiere a la asignación de cifras a dichas magnitudes, de acuerdo con las relaciones de orden establecidas, sin embargo, en el ámbito escolar esto es un proceso complejo, pues como lo menciona Arcà et al. (1990) si bien asignar palabras que nombran objetos es un proceso ya bastante complejo, una acción que demanda un largo periodo de adiestramiento, entrenamiento y aprendizaje, el hecho de hacer asociaciones con números indica procesos más superiores.

A pesar de esto, dichas actividades pueden estar orientadas por una reflexión que conlleve a la construcción de significados en relación con la asignación de cifras a las magnitudes en consideración, significados que se pueden construir a partir de la organización de la experiencia sensible, y que conllevaría a realizar un proceso donde se resalte el carácter cualitativo de la actividad experimental como medio de constitución social de conocimiento en el aula.

### **3.2.5. Construcción de escalas de medición en torno al fenómeno del calor**

Algunas investigaciones en el campo educativo (Martins, 2007; Romero & Rodríguez, 2005; Malagón, et al., 2011; Romero & Aguilar, 2013) resaltado la relación que se puede establecer entre la teoría y la experimentación, teniendo en cuenta los procesos que se llevan a cabo tanto en el análisis y construcción de los



Instrumentos como en su calibración y construcción de escalas en relación con las diferentes intensidades en las que se puede presentar una magnitud.

La cualidad de la cual están dotados los cuerpo, lo caliente es identificada mediante los sentidos, además puede presentarse en distintas intensidades en tiempos diferentes, estas descripciones se hacen regularmente expresándolas en el lenguaje común de qué tan caliente puede estar un cuerpo A respecto a un cuerpo B, para determinar esto es necesario comparar ambos cuerpos entre sí, proceso que se había expuesto en el apartado anterior.

Al realizar dicha comparación se puede establecer que:

- “Si el cuerpo A está tan caliente como el cuerpo B y el cuerpo B tan caliente como el cuerpo C, el cuerpo A está tan caliente como el cuerpo C.” (Duhem, 2003, p.150).
- “Si el cuerpo A está más caliente que el cuerpo B y el cuerpo B más caliente que el cuerpo C, el cuerpo A está más caliente que el cuerpo C” (Duhem, 2003, p.151).

Lo anterior puede entonces ser representado utilizando los símbolos aritméticos  $<$ ,  $>$ ,  $=$ , lo que permite determinar que por medio de dichas relaciones de orden, la cualidad del calor se presenta en varios tipos de intensidad y por lo tanto conformar una escala, por medio de cifras, fijando un número para una primera intensidad y luego un número mayor cuando la cualidad se presenta con una intensidad mayor (Duhem, 2003)

Sin embargo, dado que las magnitudes relacionadas con la categoría de la cualidad, denominadas intensivas no cumplen con leyes aditivas, la asignación de cifras puede resultar arbitraria (Romero & Aguilar, 2013; Malagón, et al., 2011), debido a que a pesar de ser ordenadas en grados de intensidad en relaciones de mayor o menor que, los valores que representan el grado de intensidad respecto



de otro grado de intensidad de dos magnitudes de una misma clase, puede tener una amplitud de posibilidades (Campbell, 1994)

Una forma de superar dicha ambigüedad en la asignación de cifras a magnitudes como ésta, es considerar la relación de los efectos que dicha magnitud puede provocar en otras, cuyos cambios producidos pueden ser representados por medio de cifras, y dan cuenta de la variabilidad de dicha magnitud en términos de intensidad o grados, lo que proporciona la consideración de escalas de intensidad en la que se presenta una magnitud.

Al respecto Duhem (2003) plantea que:

En el ámbito de la cualidad no tiene cabida la noción de suma; en cambio, la encontramos al estudiar el efecto cuantitativo que proporciona una escala apta para marcar las distintas intensidades de una cualidad. No podríamos sumar entre sí distintas intensidades de calor, pero se pueden sumar las aparentes dilataciones de un líquido en un recipiente sólido; se puede hacer la suma de varios números que representan las temperaturas. (Duhem, 2003, p.153)

Sin embargo, la evidencia de dichos efectos cuantitativos que puede provocar una magnitud en otra, no son fáciles de evidenciar, si antes no se tiene una comprensión sobre el fenómeno en cuestión (Romero & Aguilar, 2013), que tiene que ver también, con las estructuras conceptuales que permiten la construcción de un instrumento de medida con el cual se realice la observación de dichos efectos, y que a la vez puedan ser cuantificados en términos de grados de intensidad.

En la propuesta planteada al respecto, para la construcción de escalas termométricas Romero & Aguilar (2013), presentan un análisis teórico que permite cuantificar cambios en los estados térmicos, realizado a partir de las relaciones de orden que se pueden establecer entre diferentes sustancias a diferentes grados de



calor puestas en contacto, teniendo en cuenta la experiencia que se tiene cuando se recrean éstas situaciones en el ámbito cotidiano.

Para esto, presentan una situación de dos sistemas A y B, en diferentes estados térmicos representados como  $T_B$  y  $T_A$  a los cuales se les representa por medio de un segmento en el cual se puede notar que  $T_B < T_A$ , a partir de ésta información surge el cuestionamiento de cuál será el estado de equilibrio final  $T_E$ , al colocar ambos sistemas en interacción, para lo cual se plantea que:

...cuando se mezclan dos cantidades de sustancias el valor de la temperatura final de equilibrio no puede ser menor que la menor temperatura de los cuerpos que se mezclan, ni mayor que la mayor de las estas temperaturas, esto significa que para la situación propuesta la temperatura de equilibrio  $T_E$  del sistema, después de la interacción, necesariamente estará entre los valores de  $T_B$  y  $T_A$ :  $T_B < T_E < T_A$ . (Romero & Aguilar, 2013, p. 118)

A partir de la conclusión derivada de la experiencia, se plantea un análisis de relaciones entre las sustancias, realizando supuestos de variación, no solo de temperatura, sino también de cantidades de las sustancias que se ponen en consideración (masas), asociando los resultados a interpretaciones apoyadas en la utilización de pequeñas relaciones matemáticas y representaciones de los efectos producidos por la interacción térmica por medio de segmentos.

Dicho análisis condujo al planteamiento de un procedimiento para la construcción teórica de escalas de temperatura, que permitiera la comparación y ordenamiento de los grados de calor de un sistema, del cual se pueden realizar cuantificaciones de los cambios evidenciados a partir de indicios como la variación de longitudes, producida por la dilatación de sustancias contenidas en los termómetros.



Lo anterior puede constituirse en un ejemplo, de como un instrumento de medida, posee en sí mismo toda una carga teórica, presente en el proceso de su construcción, las medidas que dicho instrumento provee, son que interpretaciones que contienen una construcción de significados entorno a un fenómeno y a los indicios que hablan de éste.



## 4. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Enfoque y tipo de estudio

En concordancia con el objetivo, la investigación se enmarca en un paradigma cualitativo-interpretativo, en el cual se resalta el interés por construir interpretaciones que movilizan transformaciones y cambios de mirada frente a un tema o una situación (Sánchez, 1998). Bajo el paradigma de investigación cualitativa, se considera que la investigación es flexible y no lineal, que el diseño se va construyendo a medida que se avanza bajo la orientación de una metodología y la aplicación de las estrategias acordes a la búsqueda de la reflexión sobre el problema de investigación abordado (Sandín, 2003).

La investigación se realizó mediante de un estudio de caso, el cual es un método de investigación cualitativa, que posibilita analizar un grupo particular de personas a partir de la necesidad de entender e interpretar cuestiones referentes a las relaciones de trabajo dadas en un contexto determinado, y el en cual el propósito de la investigación de estudio de caso, no es pretender llegar a una generalización sino comprender el propio caso, analizarlo a profundidad, y como énfasis primordial realizar con claridad interpretaciones que estén fundamentadas (Stake, 1998), de las cuales pueda devenir transformaciones a nivel de concepciones teóricas, prácticas sociales o tratamiento de dicho caso como posibilidad para superar dificultades o entrever aspectos de fortalecimiento.

En esta investigación, se toma como caso a un grupo de estudiantes voluntarios, quienes fueron los aportantes de los mayores elementos de reflexión y análisis, a partir de la orientación de actividades experimentales, en un contexto extraescolar.

Dado que el interés del análisis del trabajo de investigación fue interpretar la forma como los estudiantes interactúan entre sí durante en el seguimiento del



proceso que llevaron a cabo durante la construcción de conocimiento, se consideró de acuerdo con la clasificación hecha por Stake (1998), que este es un estudio de caso instrumental, puesto que el caso jugó un papel secundario, siendo éste un instrumento para indagar y comprender las relaciones dialógicas dadas entre los estudiantes en el desarrollo de las actividades propuestas (Sandín, 2003).

En concordancia con lo anterior, el propósito general de la investigación de éste estudio de caso fue contribuir a las reflexiones sobre el proceso de construcción de conocimiento de los estudiantes en los espacios de formación de Ciencias naturales, con una fundamentación teórica y una propuesta pedagógica cuyas actividades experimentales se centraron en las discusiones suscitadas por medio de la construcción de escalas termométricas en relación con los conceptos de calor y temperatura.

Así pues, inicialmente se registró en audio y video la observación realizada a las experiencias vividas por los estudiantes durante el desarrollo de dicha propuesta que luego fue transcrita convirtiéndose en un insumo importante dentro del trabajo de investigación que sirvió para realizar un análisis cualitativo de contenido, de lo cual se hará mayor énfasis adelante.

#### **4.2. Caso y contexto**

El caso estuvo conformado por un grupo de 3 hombres y 5 mujeres, estudiantes del grado 11°, integrantes del grupo de Semillero de Ciencias Naturales de la IER Piedras Blancas (Guarne, Antioquia), con quienes se trabajó en jornada contraria. Este equipo de estudiantes se conformó como resultado de los proyectos pedagógicos obligatorios a los cuales se inscriben los docentes de las instituciones educativas, y con la intención de incitar e incentivar a los estudiantes hacia el estudio de las ciencias naturales.



Para seleccionar el grupo de estudiantes, se realizó una exposición del proyecto de investigación en el año 2012, en una de las sesiones del semillero llevadas a cabo durante el año escolar, a partir de dicha exposición surgió un diálogo sobre la importancia del desarrollo de la propuesta contenida en la investigación en la institución educativa, con la intención de detectar qué estudiantes se mostraban interesados en ser participantes y aportar información respecto a su desempeño durante el desarrollo de todas las actividades propuestas. Los estudiantes elegidos fueron aquellos que hicieron mayores aportes durante el diálogo, y quienes manifestaron el deseo e interés de participar en la investigación.

Otros criterios de selección de los estudiantes, tiene que ver con el grado de responsabilidad frente a las actividades propuestas, visualizado durante la orientación de los cursos de física que se imparten en la Institución, pues se considera que para fines de la investigación es de gran importancia dado que esto permite la continuidad y completitud a las sesiones en las cuales los estudiantes debían participar, al tratarse de una asistencia voluntaria y en horas extraclase.

#### **4.3. Propuesta pedagógica y registro de la información**

Se planteó una propuesta pedagógica orientada al desarrollo de actividades experimentales, diseñadas con el objetivo de posibilitar a los estudiantes el acercamiento a procesos de construcción de conocimiento, por medio de actividades en las cuales se privilegiaron espacios de disertación y puesta en común de ideas por medio del diálogo.

Para el diseño de las actividades de la propuesta, se hizo lectura y análisis a fuentes primarias, concernientes al tema del calor, las escalas de temperatura y los procesos de medida, tales como: Medición de Norman Campbell, Teoría Física de Duhem, La naturaleza del calor: del calor en General y Calor Específico,



calor latente, del vapor y la vaporización de Joseph Black, Calor de Isaac Newton, Cartas a una princesa alemana: carta XIV, XV, XVI de Leonhard Euler.

Con base en las lecturas realizadas de los anteriores documentos, la propuesta resalta la idea del grado de calor para referirse a la propiedad detectada por los sentidos, el enfoque cualitativo en la organización de los fenómenos en torno a dicha propiedad y la concepción de la medición, en la cual se resalta la importancia de los sentidos en los procesos de clasificación y ordenación, así mismo en la reflexión sobre la necesidad de un instrumento que tuviera en cuenta las características del fenómeno.

Estas lecturas y análisis hacen parte de las discusiones y encuentros realizados en del grupo de investigación ECCE, y se retomaron del propósito y metodología propuesta dentro del macro proyecto de investigación: La experimentación y los procesos de formación de profesores de ciencias naturales, que se adelanta en conjunto entre la Universidad de Antioquia y la Universidad del Valle.

La propuesta se realizó en nueve sesiones de trabajo, durante las cuales se desarrollaron las actividades diseñadas, utilizando diferentes metodologías, de acuerdo con la intencionalidad y al tipo de información que se deseaba registrar. Se privilegió la orientación a los estudiantes, para la utilización de procesos discursivos dentro del desarrollo de las actividades experimentales, donde se resaltaron aspectos que trascienden la visión verificadora y recetaría común en el ámbito educativo (Hodson, 1994; García, 2011), para propiciar espacios de reflexión, no solo de los resultados numéricos derivados de las actividades, sino también de los procesos de medición llevados a cabo, del uso del instrumento, de su construcción y de los factores que intervienen para el diseño de las actividades mismas, respecto a la construcción de un concepto.



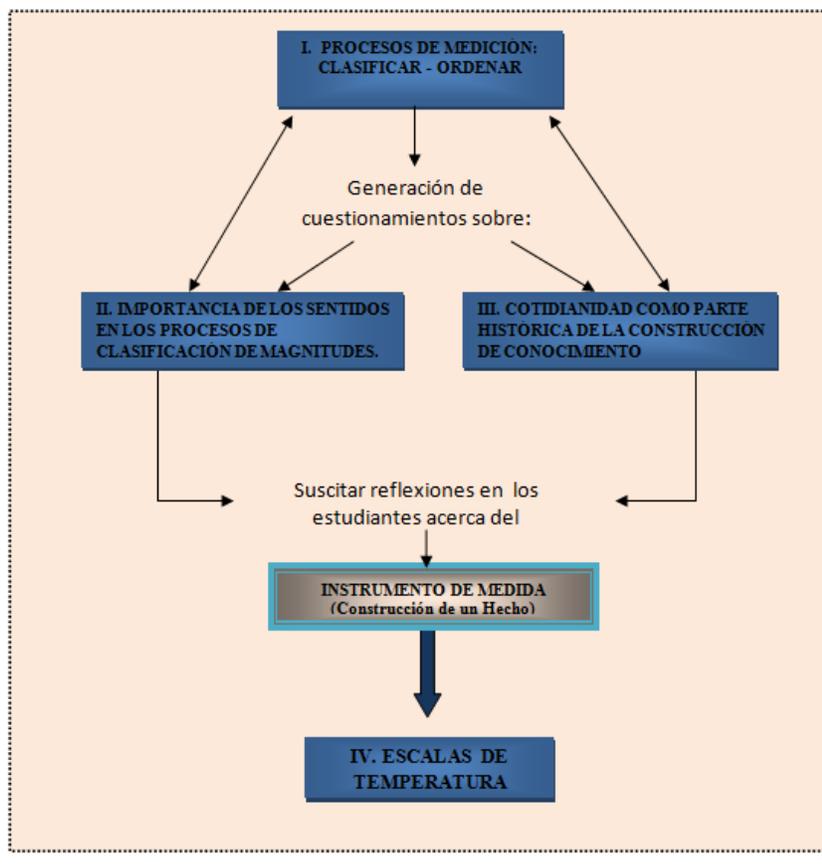
Para tal fin, en el diseño del plan de trabajo se tuvo en cuenta la orientación de diferentes tipos de actividades, clasificadas de la siguiente forma:

- *Actividades de Indagación de ideas*, diseñadas con el propósito de apreciar lo que los estudiantes conciben acerca de situaciones que tienen que ver con acciones de clasificación y ordenación como elementos constitutivos del proceso de medición y con la organización de sensaciones relativas al grado de calor (calor o frío). Con éste tipo de actividades además se pretendía analizar el tipo de justificaciones utilizadas para construir explicaciones con las cuales expresaban sus conocimientos acerca del tema.
- *Actividades experimentales*: diseñadas con el propósito de generar reflexiones sobre el proceso de la construcción de una magnitud física, orientando a los estudiantes a realizar observaciones más detalladas y descripciones de cualidades de diferentes colecciones de objetos líquidos o sólidos sometidos a cambios térmicos, que conllevara a la necesidad de analizar el funcionamiento de un instrumento de medida y las escalas de medición.
- *Plenarias*: fueron utilizadas con el fin de exponer el contenido de las reflexiones hechas por los estudiantes en torno a la construcción de explicaciones sobre las situaciones planteadas. Éste tipo de actividades estaban orientadas a resaltar el carácter socio-cultural del conocimiento científico, y consecuentemente con éste propósito, se abrieron posibilidades de consenso y debate en entre los estudiantes, para ampliar o reforzar las concepciones y formas de entender el entorno en el que se está trabajando.

En la organización de las actividades, se diseñó un plan de trabajo para ser desarrollado con los estudiantes que consta de cuatro partes, como se muestra en la Grafica 1., las cuales no representaron un orden estricto para su desarrollo, puesto que eran susceptibles de ser modificadas de acuerdo con las necesidades y características del grupo de estudiantes. Cada parte consta de varias sesiones



de trabajo (Ver Tabla 2.), las cuales fueron diseñadas teniendo en cuenta los planteamientos del marco teórico y cuyo contenido está relacionado con las categorías de investigación.



**Grafica 1.** Plan de trabajo con los estudiantes

Para el proceso de organización y clasificación de la información, se hicieron registros de audio por medio de grabaciones de audio y video, y registros escritos de las respuestas y procedimientos realizados por los estudiantes, aunque éstos últimos fueron escasos debido a que los estudiantes dieron mayor importancia a los espacios que se abrieron de discusión y debate, para tomar decisiones, entender lo que estaban realizando y dar respuesta a los cuestionamientos que se les planteaba en la propuesta y entre ellos mismos.



Se resalta también, que en algunos momentos, en especial en la última parte de la intervención, los estudiantes cambiaron el orden de las actividades y se centraron en algunas discusiones que aunque no estaban planteadas inicialmente, hacían parte del proceso que ellos habían seguido durante el trabajo en grupo. Esto no generó ningún inconveniente con el plan de trabajo propuesto, puesto que como se había mencionado antes, dicho plan era susceptible a cambios.

La propuesta procuró propiciar espacios en los cuales se pudiera hacer un ejercicio de construcción social de conocimiento por parte de los estudiantes, de tal forma que le dieran importancia a sus cuestionamientos, ideas y sugerencias respecto al tema que se estaba trabajando. Además, el planteamiento de la propuesta estaba diseñado de tal forma que se hiciera un análisis cualitativo.

Por lo anterior, al analizar la información se identificaron aquellas intervenciones en las cuales los estudiantes discutían entre sí alrededor de un procedimiento seguido, un dato numérico, entre otros aspectos, como también de aquellos momentos en los cuales por medio de preguntas entre ellos mismos iban llegando a conclusiones y generalizaciones en torno al tema tratado.

Al inicio del desarrollo de la propuesta pedagógica, fue aplicado un protocolo ético, que tuvo como fin obtener el consentimiento de los padres de familia de los estudiantes participantes. (Ver Anexo 1.)



**Tabla 2.** Organización y planteamiento de las actividades desarrolladas con los estudiantes por partes y sesiones

TEMÁTICA	ACTIVIDAD	SITUACIONES PEDAGÓGICAS			
		REFLEXIONES EPISTEMOLÓGICAS	PROCESOS DE MEDICIÓN		
			CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN	CONSTRUCCIÓN INSTRUMENTO	CONSTRUCCIÓN ESCALAS
I. Clasificación y Ordenación	Diálogo grupal a partir de las reflexiones generadas en torno a la actividad de clasificación y ordenación de propiedades, como parte inicial del proceso de medición.		Identificación de formas posibles de clasificar una colección de sólidos. Organizarlos de menor a mayor. <i>* Si se pidiera un instrumento para realizar una ordenación de una colección de objetos, ¿qué criterios se deben tener en cuenta para su diseño y construcción?</i>		
II. Los Sentidos en los Procesos de Clasificación de Magnitudes.	PARTE 1. Relación de eventos cotidianos, con el grado de calor.	Se les presenta a los estudiantes preguntas que hacen referencia a situaciones cotidianas relacionadas con el grado de calor, con la intención de generar entre ellos una discusión y reflexión con el objetivo de construir explicaciones.			



	PARTE 2. Ordenación de eventos cotidianos con relación al grado de calor		Clasificación y ordenación de objetos sólidos y líquidos a diferentes grados de calor; por medio de los sentidos		Orden dado a los objetos y líquidos: <i>*De acuerdo a la ordenación que realizaste de los líquidos y sólidos según el grado de calor, realiza una representación gráfica de ésta ordenación utilizando líneas de distinta longitud barras, colores, entre otros. Sin importar qué alternativa se utilice, se debe realizar una justificación acerca del tamaño o colores utilizados.</i>
III. Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento	PARTE 1. Planteamiento de situaciones en torno a condiciones dadas para el grado de calor			Generación de una discusión, a partir de posibles soluciones, explicaciones o estrategias planteadas para el diseño de construcción del instrumento	
	PARTE 2. Lectura de originales, Joshep Black, Conde Rumford, Euler	Fragmentos de lecturas, con posibilidad de ampliar las respuestas dadas a los cuestionamientos anteriores, mediante el diálogo con sus demás compañeros a partir de los elementos sustraídos de la lectura. Apoyarse en las lecturas como base para cuestionar y afinar la construcción de sus explicaciones.			



IV. Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida : El Termómetro	PARTE 1. Calibración de los termómetros y construcción de escalas	Reflexiones y observación de la interacción de líquidos sometidos a fuentes de calor, establecer punto máximo y mínimo, cuestionamiento a los procedimientos, diferencias en cada uno de los termómetros (Duhem, 2003)
	PARTE 2. Reflexión conceptual acerca de la construcción de termómetros. Realización de mediciones	Utilización de los termómetros medidos, reflexión frente a sus resultados. <i>Realizar una tabla donde se consignen los datos de temperatura medidos, en la cual se diferencie el termómetro utilizado, y el líquido medido. ¿Qué significado tiene para el grupo de trabajo éstos datos?</i>

#### **4.4 Plan de análisis**

De acuerdo con Stake (1998), el análisis consiste en otorgar sentido a las impresiones que se adquieren del caso durante toda la investigación, con la pretensión de alcanzar a darle un significado. Esta búsqueda de significado se convierte también en una búsqueda de modelos, de consistencias que se denomina correspondencia.

En el caso de ésta investigación, el modelo asumido surge de la concepción de Actividad Experimental que se construyó en el grupo de investigación ECCE. Así pues, la información se revisó, categorizó y organizó de tal forma que guardara una correspondencia con los rasgos definidos acerca de los roles y actitudes que se asumen en el desarrollo de una actividad experimental, como lo son la concertación de ideas, el dialogo permanente entre pares, la toma conjunta de decisiones y la elaboración de conclusiones a partir de las disertaciones generadas en torno a un procedimiento, observación o resultado obtenido.

Las características asumidas en el desarrollo de la actividad experimental, fueron construidas también, basándose en las lecturas y análisis de los textos de algunos autores como Shapin (1991) y Latour & Woolgar (1995), quienes por medio de ejemplos presentan la vida en el laboratorio de ciencias, como un espacio social de construcción de conocimiento, tratando de desmitificar la visión de una actividad realizada en solitario y de forma exacta.

Además de lo anteriormente expuesto, es importante resaltar cómo los textos de primera fuente, sirvieron como base para el diseño de las preguntas y actividades de la propuesta pedagógica, por lo cual la categorización realizada se hizo a la luz de las ideas sobre calor, temperatura, medición, encontradas en la información revisada en correspondencia con los análisis hechos a las lecturas de autores como Joseph Black, Sir Isaac Newton y Euler. La pretensión de las preguntas y las actividades planteadas era identificar indicios de las formas de

trabajo descritas por los autores mencionados, rasgos semejantes que se pudieran percibir en las ideas expresadas por los estudiantes respecto a los temas tratados.

La sistematización de la información se hizo por medio de las transcripciones de los registros de audio y video que resultaron de la implementación de la propuesta pedagógica y de las entrevistas hechas a los estudiantes. Luego de hacer lectura de éstas transcripciones se empieza a seleccionar aquellos “episodios” o unidades de análisis que sirvieron para la construcción de los datos de la investigación. Para esto se construyó una tabla de convenciones con los aspectos que se querían resaltar y que estaban relacionados directamente con las categorías de análisis. (Ver Tabla 3.)

<b>A.</b>	<b>REFLEXIONES SOBRE EL PAPEL DEL INSTRUMENTO</b>
<b>B.</b>	<b>RESPECTO A DAR NUMEROS EN LAS MEDICIONES, IDEAS SOBRE EL MEDIR, COMPARAR, ASIGNACIÓN NUMÉRICA A CANTIDADES O PROPIEDADES</b>
<b>C.</b>	<b>IMPORTANCIA DE LOS SENTIDOS EN EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES</b>
<b>D.</b>	<b>SITUACIONES DONDE SE RESALTAN PROCESOS DE MEDICIÓN, COMPARACIONES</b>
<b>E.</b>	<b>NOCIÓN DE EQUILIBRIO, CANTIDAD DE LA SUSTANCIAS, INTERACCIÓN ENTRE OBJETOS Y SUSTANCIAS</b>
<b>F.</b>	<b>MEDIACIÓN ENTRE EL ESTUDIANTE Y EL PROFESOR EN EL CONCENSO DE IDEAS</b>
<b>G.</b>	<b>CUANDO EN LAS DISCUSIONES SE EVOCAN SITUACIONES COTIDIANAS</b>
<b>H.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES</b>
<b>I.</b>	<b>TODO LO QUE TIENE QUE VER CON CONSENSO EN EL TRABAJO, VALIDACIÓN DE IDEAS, APROBACIÓN O NO DE ELLAS</b>
<b>J.</b>	<b>TEMPERATURA ASUMIDA COMO UN “ESTADO” EN EL QUE SE ENCUENTRA UN OBJETO O LÍQUIDO</b>
<b>K.</b>	<b>TODO AQUELLO A LO QUE LOS ESTUDIANTES SE REFIEREN SOBRE CONCEPTOS Y RELACIONES ENTRE TEMPERATURA Y CALOR</b>
<b>L.</b>	<b><u>IDEAS RELACIONADAS CON EL MATERIAL Y CON LA CANTIDAD DE LAS SUSTANCIAS PUESTAS EN INTERACCIÓN</u></b>

**Tabla 3.** Tabla de convenciones para los enunciados

Los colores elegidos para el cuadro de convenciones, se utilizaron para resaltar los diálogos que estaban relacionados con cada convención (ver Tabla 4)

Se escucha discusión entre los estudiantes.	
SONIA:	<u>nggg es que hay temperaturas más alta y temperaturas más bajas</u>
JUAN:	<u>y hay diferentes termómetros</u>
SANTIAGO:	<u>y depende también del material y de lo que pueda tener el termómetro (hace el gesto con sus manos del bulbo de los termómetros con los que se están trabajando)</u>
PROFE:	<u>entonces las escalas que ustedes construyen tienen que ser con base en ese termómetro que conocemos o podemos innovar otras</u>
JUAN:	noo, si profe, igual es el estilo de uno profe, como uno lo... no tiene que ser igual
WILDER:	como uno lo quiera hacer
SANTIAGO:	También depende del termómetro (hace señas de que pueden tener tubos capilares muy grandes o no, su referencia es explícitamente con la longitud del tubo capilar)
PROFE:	Juan Carlos mencionó ahorita una cosa, que hasta aquí donde tu señalaste, hasta ahí subía la temperatura, entonces qué subió hasta ahí ¿la temperatura?
SANTIAGO:	noood
SANTIAGO:	el líquido subió hasta acá
PROFE:	¿por qué subió hasta ahí el líquido?
JUAN:	por el calor
PROFE:	y qué generó eso
SANTIAGO:	cuando lo metimos al agua caliente, fue lo que produjo que subiera...

**Tabla 4.** Transcripción del 28 de marzo. Primera y Segunda parte. Sesión 7. Pág. 2

Luego de esto, cada uno de los fragmentos subrayados se pasaron a una tabla de Extractos de Intervenciones para el análisis, donde al ser reunidos por sus respectivos colores, se pretendía realizar una nueva selección, de acuerdo al grado de correspondencia buscado con cada convención, asociado a las preguntas y objetivos planteados en la investigación, como se puede apreciar en el siguiente ejemplo extraído del archivo (Ver Tabla 5)

NOCIÓN DE EQUILIBRIO, CANTIDAD DE LA SUSTANCIAS, INTERACCIÓN ENTRE OBJETOS Y SUSTANCIAS	
<p><b>TRANSCRIPCIÓN. Los sentidos en los procesos de Clasificación de Magnitudes pag. 1</b></p> <p>LILO: <u>qué significa que sea una lámina de aluminio al medio ambiente.</u>                      SANTIAGO: <u>que no está haciendo contacto...</u>                      TATIANA: <u>ni con agua, ni con</u>                      LILO: <u>que no esté haciendo contacto con qué??</u>                      SANTIAGO: <u>pues, con algo como el hielo el agua, el alcohol</u>                      LILO: <u>...(continúa leyendo la guía) una tabla de madera al medio ambiente, un tubo de hierro expuesto a una cubeta de hielo. (un tubo en una cubeta de hielo y agua)</u>                      WILDER: <u>esto le roba calor al agua</u>                      LILO: <u>quien roba calor</u></p>	
<p><b>TRANSCRIPCIÓN. Los sentidos en los procesos de Clasificación de Magnitudes pag. 1</b></p> <p>SANDRA: <u>es más caliente este tubo que el agua</u></p> <p>SONIA: <u>pero éste porque está tibio, si un tubo siempre es frío</u>                      SANTIAGO: <u>porque lo hemos tocado mucho, eso depende de cómo lo toquemos</u></p>	
TODO LO QUE TIENE QUE VER CON CONSENSO EN EL TRABAJO, VALIDACIÓN DE IDEAS, APROBACIÓN O NO DE ELLAS	
<p><b>TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 2</b></p> <p>SANTIAGO: <u>entonces como vamos a construir....</u>                      SANDRA: <u>yo empiezo por el rojo</u>                      SANTIAGO: <u>no pero como lo vamos a clasificar, por figuras, colores, tamaño.</u>                      SONIA: <u>no que coincide con cual, por ejemplo éstas van juntas por qué? Porque el grosor de las fichas</u>                      WILDER: <u>por eso, pero no todas son así....</u>                      SANDRA: <u>Nooo pero primero por que no cogemos, primero todos los colores y después ahí si clasificamos todo como el grosor... el todo eso.</u>                      SONIA: <u>por que es que mire que hay algunas que tienen diferente color pero parecen que pertenecieran a la misma, pero no, pues.</u>                      SANTIAGO: <u>entonces ¿por que las clasificamos?</u>                      WILDER: <u>nooo, por color, clarooo</u>                      SANDRA: <u>si por color? (todqs aciertan con sus cabezas) listo.</u></p>	
<p><b>TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 4</b></p> <p>SANTIAGO: <u>estos dos no son verdes? O amarillos</u>                      SANDRA: <u>estos verdes no serían acá. O con amarillos más bien.</u>                      WILDER: <u>si es que éste verde, esto está más amarillo</u>                      SANDRA: <u>esto está más amarilloso</u>                      WILDER: <u>no esto es verde ¿no?</u>                      ERIKA: <u>esto es verde claro</u>                      SANDRA: <u>entonces con éstos</u>                      VARIOS: <u>eso es verde claro</u>                      SANDRA: <u>entonces con estos</u></p>	

**Tabla 5.** Extraído del archivo Extracto de intervenciones para el análisis.

Siguiendo a Piñuel (2002), se realiza un análisis de contenido, teniendo en cuenta lo anteriormente descrito como el procedimiento interpretativo de los productos

comunicativos derivados de las transcripciones de las discusiones y diálogos de los estudiantes, a partir de éste procedimiento se construyen los datos de la investigación, para lo cual se organizaron las categorías de análisis relacionadas con la fundamentación teórica construida para ésta investigación.

A partir de la elaboración de los datos, el propósito es *develar, des-ocultar* de las expresiones seleccionadas (Piñuel, 2002), aquel mensaje que no se encuentra latente e inmediato y al cual se llena de contenido, de significado respecto a la fundamentación teórica dada, buscando una correspondencia con las mencionadas categorías que surgieron a partir de la formulación de los objetivos de la investigación y las cuales fueron la base para la orientación y construcción de los instrumentos de registro de la información (Cisterna, 2005).

#### **4.5. Sobre las categorías de análisis**

De acuerdo con los objetivos específicos planteados, y la construcción conceptual construida en el marco referencial de la investigación, se decidió formular tres categorías relacionadas con la dimensión social y discursiva de la actividad experimental, la reflexión sobre el papel que juega el instrumento en la construcción de conocimiento y los procesos de medición. (Ver Tabla 6.)

Dado que la propuesta pedagógica se planteó a la luz de las categorías expuestas, en el desarrollo de la mayoría de las actividades durante toda la intervención se encontraron indicios y correlaciones entre dichas categorías, lo que facilitó el proceso de organización de la información.

TABLA DE CATEGORIAS Y SUBCATEGORIAS

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	INDICIOS
Dimensión Social y Discursiva de la Actividad Experimental	Experimentación como espacio de reflexión y construcción de explicaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énfasis en las discusiones, aclaraciones y preguntas entre los estudiantes que cuestionan los procedimientos hechos o tratan de ampliar las ideas frente a las observaciones realizadas.</li> <li>• Énfasis en la necesidad de justificar los procedimientos realizados, dar mayor credibilidad a lo hecho o convencer a los demás acerca de la idea que defiende respecto a las preguntas formuladas durante la actividad.</li> <li>• Utilización de ejemplos y aclaraciones que tienen que ver con los procedimientos realizados en la actividad experimental y las conclusiones a las que se llegan al respecto.</li> <li>• Énfasis en la corrección o mejoramiento de las respuestas dadas durante el desarrollo de la propuesta, generada a partir de las discusiones entre ellos o lo observado durante la experiencia</li> </ul>
	Experimentación como escenario de construcción social de fenomenologías.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La relevancia que los estudiantes le dieron a la intervención de sus sentidos en el desarrollo de las actividades</li> <li>• Utilización de los sentidos como medio de justificación en la toma de decisiones.</li> <li>• Valoración de las explicaciones surgidas a partir del consenso entre los estudiantes en torno al significado de las experiencias sensibles.</li> <li>• Construcción de variaciones en los procedimientos realizados a partir de la significación de la experiencia sensible de los estudiantes.</li> </ul>

Tabla 6. Categorías, subcategorías e indicios.

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	INDICIOS
El papel del instrumento en la construcción de conocimiento	Instrumento como medio de registro y constatación de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorización por el valor numérico asignado a una propiedad analizada en una actividad experimental, como forma de comprobar aquellos datos de los cuales se tiene conocimiento teórico.</li> <li>• Cuando el dato final se convierte en lo más importante de todo el proceso.</li> </ul>
	Instrumento como generador de fenomenologías	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énfasis en las discusiones, explicaciones, ideas, ejemplos y relaciones con eventos cotidianos que se dan a partir de la construcción de escalas a los termómetros</li> <li>• Énfasis en las reflexiones que los estudiantes realizan con respecto al proceso de la asignación numérica en la construcción de escalas</li> <li>• Marcado interés por interpretar los datos que se obtienen de los termómetros contruidos</li> <li>• Negación a aceptar ciegamente los valores que cada termómetro da, intentado dar una significación al dato, al funcionamiento del termómetro y las propiedades de los elementos que lo componen</li> </ul>
Procesos de medición en la organización de fenómenos	Clasificación y ordenación como fundamento del proceso de medida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Énfasis en el establecimiento de algunos criterios que permite definir cuando una característica o propiedad puede ser o no ordenada,</li> <li>• utilización de procedimientos de comparación para el establecimiento de orden entre elementos que comparte una misma propiedad.</li> <li>• discusiones y explicaciones generadas en el grupo de trabajo en torno al establecimiento de reglas que permitan generalizar los procedimientos seguidos para la ordenación de objetos que comparten una misma característica.</li> </ul>
	representación numérica y construcción de escalas de medición en torno al fenómeno del calor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discusiones generadas en torno al significado numérico dado a las escalas de grados de calor, contruidas por los estudiantes durante el proceso de calibración de los termómetros.</li> <li>• Reflexiones y explicaciones contruidas en torno a la forma de nombrar y asignar nombre a la medida contruida con los termómetros.</li> <li>• Discusiones surgidas en torno al significado de las observaciones realizadas durante el proceso de construcción de las escalas</li> <li>• Construcción de explicaciones en torno a fenómenos contruidos en torno a los efectos del "calor"</li> </ul>

**Tabla 6.** Categorías, subcategorías e indicios.

#### **4.5.1. Dimensión Social y Discursiva de la Actividad Experimental**

Como parte de las reflexiones que han orientado éste trabajo de investigación, se ha asumido la ciencia como una actividad social de construcción de conocimiento, y por lo tanto al hablar de actividad experimental es preciso reconocer el carácter discursivo que esta supone; así pues, es considerada como un espacio de reflexión donde se suscita la posibilidad de disertación en la búsqueda de un consenso como parte de la construcción de explicaciones, en torno a la fabricación de un fenómeno.

Dada dicha connotación de actividad experimental, se centró la atención en aquellos enunciados en los que se identificaron aspectos que tienen que ver con el consenso en el trabajo en grupo, validación de ideas, aprobación o no de ellas y la construcción colectiva de explicaciones.

##### **4.5.1.1. Experimentación como espacio para la construcción de explicaciones.**

En el ámbito escolar, las explicaciones didácticas son entendidas como aquellas proporcionadas por los docentes de ciencias durante su ejercicio de enseñanza o aquellas que elaboran los estudiantes cuando se les insta a dar razones ante un hecho o un fenómeno (Eder & Adúriz-Bravo, 2008; Concari, 2001), siendo éstas últimas el centro de interés para el trabajo de investigación.

De acuerdo con algunas investigaciones en el ámbito educativo, las explicaciones están ligadas a la práctica (Eder & Adúriz-Bravo, 2008; Concari, 2001) y al contexto donde éstas tienen lugar (Gómez, 2006), situaciones específicas que pueden ser recreadas dentro del aula, o evocando experiencias vividas (Arcà, et al., 1990) en relación con un tema en particular.

Para éste trabajo de investigación, dicha práctica está estrechamente relacionada con la perspectiva de actividad experimental que se propone, donde se resaltan los procesos discursivos dados en torno a la construcción de conocimiento; una actividad experimental que favorece un ambiente<sup>6</sup> en el aula de clases, donde se generan discusiones y conversaciones entre los estudiantes, que les ayude a evidenciar las implicaciones y contradicciones de lo que dicen (Arcà, et al., 1990), por medio de un discurso oral que puede constituirse en un elemento para la construcción de una explicación.

Al respecto, Arcà et al. (1990) llama la atención anotando que en dichos discursos los jóvenes evocan un conocimiento previos, explicaciones e interpretaciones pasadas que permea la formalización de las razones y justificaciones surgidas a partir de las experiencias en relación con una situación específica dada.

Sobre la base de estas experiencias, la curiosidad y el empeño de querer darse explicaciones imponen la construcción de interpretaciones; y esto ocurre según aquellas estructuras base de los procesos de conocimiento que permiten justamente percibir igualdades y diferencias entre hechos diversos (Arcà et al., 1990).

Usualmente dichas experiencias y situaciones tienen lugar dentro de las clases, por lo cual éstas pueden ser un escenario que favorece el desarrollo de habilidades discursivas, por medio del cual se provee a los estudiantes de herramientas que posibiliten la construcción de sus propias explicaciones en relación con el mundo que los rodean (Eder & Adúriz-Bravo, 2008; Concari,

---

<sup>6</sup> De acuerdo con Gómez (2006), éste ambiente de trabajo es entendido como el contexto, el cual es creado por el lenguaje mismo, determinado por la configuración del espacio en el cual se gestan y construyen las explicaciones. Para el caso de éste Trabajo de Investigación la propuesta pedagógica misma, es generadora de un contexto que puede ser propicio para la construcción de explicaciones. El contexto lo crea la disposición de las herramientas utilizadas, el número de estudiantes, la actividad experimental propuesta, las observaciones realizadas y la interacción con el otro, de esto entonces, darían cuenta las explicaciones dadas por los estudiantes.

2001), para que poco a poco se vaya dando una inmersión en el mundo científico, desde el lenguaje y sus formas de pensamiento.

Para el análisis y construcción de los datos correspondientes a ésta categoría, se centró la atención en relatos que estaban en correspondencia con la forma de asumir la explicación para éste trabajo de investigación. Así pues, la construcción de explicaciones en el aula surge a partir de una interacción social, dada en un marco de discusión, justificación, validación y fabricación de sentidos y significados alrededor de una situación específica planteada. Las expresiones que de allí surgen, “tienden a comprender un hecho, objeto o fenómeno o idea, tratando de encontrar las causas que lo provocan o permiten entenderlo, yendo más allá de una descripción de dichas causas” (Candela citado por Eder & Adúriz-Bravo, 2008).

Los indicios de los enunciados identificados con ésta categoría, son aquellos que hacen énfasis en:

- ✓ Las discusiones, aclaraciones y preguntas entre los estudiantes que cuestionan los procedimientos hechos o tratan de ampliar las ideas frente a las observaciones realizadas.
- ✓ La necesidad de justificar los procedimientos realizados, dar mayor credibilidad a lo hecho o convencer a los demás acerca de la idea que defiende respecto a las preguntas formuladas durante la actividad.
- ✓ La utilización de ejemplos y aclaraciones que tienen que ver con los procedimientos realizados en la actividad experimental y las conclusiones a las que se llegan al respecto.
- ✓ La corrección o mejoramiento de las respuestas dadas durante el desarrollo de la propuesta, generada a partir de las discusiones entre ellos o lo observado durante la experiencia

#### **4.5.1.2. Experimentación como escenario de construcción social de fenomenologías.**

La experimentación desde una perspectiva sociocultural, es vista como una actividad socialmente constituida, un escenario que privilegia los espacios de diálogo donde tiene cabida tanto los disensos como los consensos, que hacen parte de la justificación y validación en la fabricación de un hecho científico.

De acuerdo con Romero & Aguilar (2013), a partir de la consideración del carácter sociocultural de la ciencia se asume que lo llamado realidad natural, es una construcción social a partir de la organización de la experiencia sensible. Desde ésta perspectiva fenomenológica del mundo físico, se supone también que la organización de la experiencia sensible se da a partir de un proceso de consenso en relación con lo que se percibe, es una construcción social de significados en torno a un fenómeno.

Los fenómenos, a su vez, son asumidos como una construcción intencionada, en términos de Hacking (1996), contruidos artificialmente, es decir, no se encuentran en la naturaleza esperando a ser descubiertos, sino que son una invención de los sujetos, surgida a partir de intereses e interpretaciones derivadas de los sentidos. En suma, se podría plantear que los fenómenos son la representación e interpretación de una realidad, que se deriva de las explicaciones y significados conceptuales contruidos a su alrededor.

La actividad experimental, asumida desde las perspectivas defendidas en éste trabajo de investigación, se convierte en un escenario que abre la posibilidad de un dialogo entre los estudiantes en torno a una situación particular planteada, que al ser recreada por ellos les exige una puesta en común acerca del centro de interés de sus acciones, de sus interpretaciones en relación con el uso de los sentidos y de las conclusiones y demás procedimientos que se derivan del desarrollo de dicha actividad.

Por tanto, dentro de ésta subcategoría se resaltaron aspectos que tienen que ver con:

- ✓ La relevancia que los estudiantes le dieron a la intervención de sus sentidos en el desarrollo de las actividades
- ✓ La utilización de los sentidos como medio de justificación en la toma de decisiones.
- ✓ La valoración de las explicaciones surgidas a partir del consenso entre los estudiantes en torno al significado de las experiencias sensibles.
- ✓ La construcción de variaciones en los procedimientos realizados a partir de la significación de la experiencia sensible de los estudiantes.

#### **4.5.2. El papel del instrumento en la construcción de conocimiento**

En esta categoría se centra el interés en el tipo de relaciones que se desprenden del rol del instrumento en el desarrollo de las actividades experimentales, que como ya se había expuesto anteriormente, han sido categorizadas desde dos puntos de vista diferentes y excluyentes, las cuales en forma general tienen que ver, por un lado, con un instrumento que no tiene correspondencia con el fenómeno abordado y cuya función principal es el registro y constatación de datos que pone en evidencia la veracidad o no de la teoría puesta en cuestión.

Por otro lado, el instrumento es asumido como una construcción que se deriva de la caracterización de las propiedades tendientes a ser clasificadas y ordenadas, lo cual supone un proceso de observación, diálogo y consenso en el proceso de construcción de un fenómeno y de la significación de los datos que se derivan de dicho instrumento como medio para la consolidación de un concepto.

Esta última consideración respecto del instrumento es el centro de interés de éste trabajo de investigación.

#### **4.5.2.1. Instrumento como medio de registro y constatación de datos**

El instrumento es asumido como un medio que facilita la extracción de medidas del mundo físico desprovisto de significado conceptual en cuanto al fenómeno que se analiza en cuestión. Cumple un papel verificador de la teoría, y sus resultados no son cuestionables en cuanto se consideran exactos. Por el contrario puede existir incertidumbre en cuanto a su manejo, cuando los resultados no coinciden con lo esperado, se considera entonces una falla que tiene que ver con el seguimiento de los estrictos controles de los procedimientos llevados a cabo dentro de un laboratorio. Más que cuestionar al instrumento y de reflexionar alrededor de su surgimiento existe una duda en relación con la destreza de quien lo utiliza, o la certeza de que dicha teoría puesta en cuestión falla en relación con el experimento.

Se tuvieron en cuenta como indicios dentro de los enunciados que dan cuenta de ésta categoría la priorización por el valor numérico asignado a una propiedad analizada en una actividad experimental, como forma de comprobar aquellos datos de los cuales se tiene conocimiento teórico. Cuando el dato final se convierte en lo más importante de todo el proceso.

#### **4.5.2.2. Instrumento como generador de fenomenologías**

En la literatura respecto a reflexiones sobre la experimentación científica y en el aula de clases de ciencia, es usual encontrar indistintamente referirse a aparatos o instrumentos y en cualquiera de los dos casos, como lo aclara Iglesias (2004), siempre se debe hacer una distinción en la forma de concebirlos.

Los instrumentos o aparatos utilizados en el marco de la experimentación científica o escolar, pueden ser considerados como aquellos utensilios que usualmente se guardan en los espacios denominados laboratorios, con los cuales

se realiza montajes de verificación o refutación de enunciados teóricos, esto dista de la concepción que para ésta investigación cobra fuerza, y es que éstos deben trascender el solo hecho de utilización, para dar cabida a la reflexión acerca de su uso, construcción y significado de acuerdo al fenómeno o hecho en construcción.

De las reflexiones suscitadas a partir de la consideración de la ciencia como una actividad de construcción social de fenomenologías y asignación de significados a datos y resultados alrededor de los procesos llevados a cabo en un espacio que privilegia la disertación, el dialogo y la búsqueda de consenso frente a un interés particular de investigación, surgen una visión del instrumento que tiende a superar la connotación reducida de éste en la actividad experimental.

Desde éste punto de vista el instrumento es considerado como el medio por el cual se puede superar las perspectivas positivistas desde las cuales se ha desprendido la disyunta relación entre la teoría y la experimentación. La construcción de un instrumento proporciona la necesidad de construir explicaciones y puede convertirse en la posibilidad de ampliar la visión acerca de la construcción de un fenómeno a partir de la explicación, narración y análisis de su funcionamiento, lo cual es considerado como un proceso de teorización.

Este tipo de procesos se ha evidenciado en los análisis realizados de los ejemplos que desde la historia, la sociología y antropología de la ciencia se han puesto en consideración, tal es el caso del trabajo presentado por Shapin (1991), en cuanto a la construcción de la bomba del vacío, como elemento por medio del cual se construyeron conocimientos nuevos sobre el aire y se llevan a cabo procesos discursivos tendientes a la búsqueda de un consenso social frente a la interpretación de los resultados derivados de las experiencias con dicho aparato.

Por lo cual como ya se había comentado en apartados anteriores, se asume el instrumento en relación dialógica con la experimentación y el conocimiento, y por tanto, se considera que a través de su fabricación y análisis en cuanto a su

funcionamiento se abren las posibilidades para la construcción de fenómenos, a partir de la organización y caracterización de las experiencias sensibles (Romero & Aguilar, 2013; Malagón, et al., 2011) como parte de un proceso más analítico y reflexivo.

Los indicios en los enunciados a tener en cuenta para ésta categoría, son aquellos que hacen énfasis en:

- ✓ Las discusiones, explicaciones, ideas, ejemplos y relaciones con eventos cotidianos que se dan a partir de la construcción de escalas a los termómetros
- ✓ Las reflexiones que los estudiantes realizan con respecto al proceso de la asignación numérica en la construcción de escalas
- ✓ El marcado interés por interpretar los datos que se obtienen de los termómetros contruidos
- ✓ La negación a aceptar ciegamente los valores que cada termómetro da, intentado dar una significación al dato, al funcionamiento del termómetro y las propiedades de los elementos que lo componen

#### **4.5.3. Procesos de medición en la organización de fenómenos**

La usual connotación de la medición tiene que ver con el uso de instrumentos, donde se entiende que dicha medición se reduce a la mera aplicación de éstos a un sistema físico para obtener un resultado numérico que se asume como el valor de la propiedad (Romero & Aguilar, 2013). Sin embargo, como se mencionó antes en un instrumento de medida subyacen relaciones conceptuales más amplias que conllevan a adoptar las consideraciones sobre la medición como un proceso que amplía el horizonte de la actividad experimental, en cuanto a la construcción de un fenómeno como medio a su vez de la construcción de conocimiento.

Así pues, hablar de la medición implica la consideración de procesos que tienen que ver con la clasificación y ordenación de propiedades y de la

construcción de escalas. A pesar de lo simple y cotidiano que pueda parecer, dicho proceso exige una reflexión que se plasma en la orientación de actividades experimentales dentro de las propuestas en el ámbito educativo.

#### **4.5.3.1. Clasificación y ordenación como fundamento del proceso de medición**

Duhem (2003) y Campbell (1994), reconocen la importancia de la experimentación para la construcción de las magnitudes, por medio de procesos asociados a algunas leyes aritméticas, a las cuales se les ha dotado de una significación amplia respecto a las propiedades o atributos diferenciados a partir de la observación y análisis de un fenómeno.

Tal como lo plantea Romero & Aguilar (2013), cuando se realiza una observación de un fenómeno, se está realizando a la par un proceso de identificación de características relativamente estables que permiten definir propiedades o atributos con los cuales se identifica un cuerpo como tal, es decir una clasificación de propiedades. La clasificación de propiedades se considera también un proceso de construcción fenomenológica, que se da mediante la descripción y explicación en torno a la observación y relación empírica con el entorno. Dicha observación y explicación de las características permite evidenciar en éstas cambios, lo cual conlleva también a considerar dentro del proceso de medición lo que se denomina variable, y en cuanto dichas características varían, se da la necesidad de confrontación -en palabras de Guidoni & Arcà (1987)- o comparación -Campbell (1994) y Duhem (2003)- de variables o clases.

Algunos indicios dentro de los enunciados, que dan cuenta de ésta categoría tienen que ver con aquellos en los cuales se hace énfasis en el establecimiento de algunos criterios que permite definir cuando una característica

o propiedad puede ser o no ordenada. En aquellos donde se resalta la utilización de procedimientos de comparación para el establecimiento de orden entre elementos que comparte una misma propiedad, y donde se evidencian discusiones generadas en torno al establecimiento de reglas que permitan generalizar los procedimientos seguidos para la ordenación de objetos que comparten una misma característica.

#### **4.5.3.2. Construcción de escalas de medición en torno al fenómeno del calor**

Para el análisis de ésta categoría, se hace alusión a las reflexiones realizadas en cuanto a la relación de las magnitudes intensivas y los procesos por medio de los cuales son representadas por cifras, éstas se encuentran en el marco teórico que le da sustento al trabajo de investigación.

De acuerdo con los análisis expuestos en el trabajo de Campbell (1994), el proceso de cuantificación de las magnitudes intensivas, puede presentar algunos procedimientos laxos, dado la amplia posibilidad de asignación de cifras a una colección de objetos de una magnitud intensiva. Para esto describe el procedimiento del caso particular de la densidad, el cual consiste en combinar las cifras que representan otras dos propiedades de los cuerpos, que si son medibles, y que dan cuenta de la densidad por medio del cociente entre sí, cuyo resultado también guarda una relación de orden respecto al orden entre dichas propiedades.

Se retoma la propuesta para la construcción teórica de una escala que dé cuenta de los estados térmicos y cuantificar sus cambios surgida de las reflexiones y análisis contenidos en Romero & Aguilar (2013) expuestos en el marco teórico, los cuales tienen que ver en gran medida con las ideas sobre el equilibrio térmico, el cual se retoma para establecer relaciones de igualdad y desigualdad en cuanto a un estimativo de temperatura final cuando son sometidos

dos sistemas que se encuentran a diferentes temperaturas y cuyas masas se presentan a proporcionalidades diferentes.

Algunos indicios dentro de los enunciados elegidos, que dan cuenta de ésta categoría son aquellos en los cuales se pueden evidenciar:

- ✓ Discusiones generadas en torno al significado numérico dado a las escalas de grados de calor, construidas por los estudiantes durante el proceso de calibración de los termómetros.
- ✓ Reflexiones y explicaciones construidas en torno a la forma de nombrar y asignar nombre a la medida construida con los termómetros.
- ✓ Discusiones surgidas en torno al significado de las observaciones realizadas durante el proceso de construcción de las escalas
- ✓ Construcción de explicaciones en torno a fenómenos construidos en torno a los efectos del “calor”

#### **4.6. Criterios de credibilidad de la investigación**

En medio del proceso de organización e interpretación de la información registrada en una investigación cualitativa, crece un interés y preocupación entre los investigadores, tal como lo plantea Stake (1998), por darle crédito y validez a los significados construidos en la fase del análisis.

Dada las amplias perspectivas y visiones que de un caso en particular pueden surgir, no se puede establecer cuál de todas sea la mejor, por lo cual, se plantea que dentro de la investigación cualitativa validar una interpretación realizada durante el proceso de descripción y construcción de datos exige mucho rigor de parte del investigador. (Stake, 1998). En el mismo sentido Cisterna (2005) plantea que “la validez y la confiabilidad del conocimiento descansa en última instancia en el rigor del investigador” (Cisterna, 2005, p. 62)

En esa búsqueda de validez en las interpretaciones surgidas a partir de ésta investigación, se tomaron en cuenta algunos procedimientos como los descritos a continuación:

- La Triangulación: como lo plantea Stake (1998), éste es un proceso que surge de la búsqueda de precisión y explicaciones alternativas para la interpretación de la información, por lo tanto se plantean estrategias que permitan alejarse de la simple “intuición” y buenas intenciones por realizar un buen análisis.

En ésta investigación se realizan dos clases de triangulación:

- *Triangulación metodológica*: que consiste en afianzar la confianza en la interpretación, complementando las observaciones directas con la revisión constante de los registros anteriores (Stake, 1998). Para el caso de ésta investigación, se hizo un cuidadoso registro de todos los espacios de discusión entre los estudiantes, y a partir de la lectura previa de éstos registros antes de cada sesión, se formulaban preguntas a los estudiantes con el fin de constatar el grado de apropiación de las ideas defendidas, con el fin de no sobreinterpretar los episodios, dado que algunos de ellos eran cortos y se retomaban en sesiones diferentes.
- *Triangulación con el marco teórico*: de acuerdo con Cisterna (2005), consiste en la interrogación reflexiva entre lo que el referente teórico construido para la investigación indica acerca del tema de estudio, que el diseño metodológico se ha materializado y lo que sobre ello se encuentra cuando se realiza la indagación o aplicación de la propuesta.
- El Juicio de Expertos: el diseño de la propuesta pedagógica inicialmente fue puesto a consideración del profesor Edwin Germán García de la Universidad del Valle y presentado ante los docentes del grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad (CEyD) del Instituto de Educación de la misma universidad. a partir de las observaciones y sugerencias dadas en estos encuentros, fueron hechas adecuaciones a la propuesta pedagógica.

- Se desarrollaron las actividades sugeridas en la propuesta pedagógica, con los integrantes del Seminario de Profundización Metodológica, dirigido por la doctora Luz Stella Mejía, con el fin de depurar y mejorar dichas actividades, antes de ser realizadas con los estudiantes.
- Presentación de la propuesta de investigación ante eventos locales como los encuentros entre grupos de investigación en educación en ciencias tales como el Grupo Física y Cultura de la Universidad Pedagógica Nacional, el Grupo Ciencia, Educación y Diversidad de la Universidad del Valle y el grupo Estudios Culturales sobre las Ciencias y su Enseñanza de la Universidad de Antioquia.

## 5. HALLAZGOS

El análisis realizado para cada categoría, se basa en la interpretación de las intervenciones que se separaron de acuerdo con lo descrito en la metodología (Ver Tabla 6).

### **5.1 Dimensión Social y Discursiva de la Actividad Experimental**

#### **5.1.1 Experimentación como espacio para la construcción de explicaciones.**

Al inicio de la propuesta pedagógica, en la primera sesión de trabajo (T. 07/02/14; S.1; Act.1: C&O)<sup>7</sup> los estudiantes se mostraron retraídos y tímidos para hablar y responder a los cuestionamientos que estaban planteados en la propuesta, por lo cual se recurrió a formularles preguntas que inicialmente no estaban contempladas para ésta sesión y que fueron surgiendo a media que ellos desarrollaban la actividad, de acuerdo a las acciones que ejecutaban o lo poco que expresaban entre sí.

Se presentaron pocas situaciones que tienen que ver con aspectos como construcción de explicaciones o evocación de situaciones cotidianas. Inicialmente los estudiantes asumieron una actitud pasiva, usual dentro de las clases de ciencias que se reciben en la Institución, pero poco a poco estudiantes como SONIA, SANDRA y WILDER fueron tomando la iniciativa de conducir la actividad y las conversaciones que surgían entre ellos. Durante ésta sesión los estudiantes, hicieron un reconocimiento de las fichas que se encontraban en las mesas y luego de un ejemplo puesto por la profesora concentraron sus esfuerzos por separarlas en distintas clases, para luego empezar a establecer un orden en el caso que fuera posible.

---

<sup>7</sup> Traducción 07 de febrero de 2014; Sesión 1; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

El siguiente fragmento, es extraído de la discusión que surgió entre los estudiantes al respecto de lo planeado en la Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

**Indicaciones para el desarrollo de la actividad. Literal a.**

*Determine formas posibles de clasificar la colección de sólidos, que se encuentran en las mesas de trabajo. Describe los criterios que se tuvieron en cuenta para dicha clasificación. Para esto puede valerse de las dos primeras columnas de la tabla.*

SANTIAGO: entonces como vamos a construir...

SANDRA: yo empiezo por el rojo

SANTIAGO: no pero como lo vamos a clasificar, por figuras, colores, tamaño.

SONIA: nooo, que coincide con cual, por ejemplo éstas van juntas ¿por qué? Porque el grosor de las fichas

WILDER: por eso, pero no todas son así....

SANDRA: Nooo, pero primero por qué no cogemos, primero todos los colores y después ahí si clasificamos todo como el grosor... el todo eso.

SONIA: porque es que mire que hay algunas que tienen diferente color pero parecen que pertenecieran a la misma, pero no, pues..

SANTIAGO: entonces ¿por qué las clasificamos?

WILDER: nooo, por color..... clarooo

SANDRA: si ¿por color? (todos aciertan con sus cabezas) listo, empecemos.

(T. 07/02/14; pág. 2; Cv: I - S.1; Act.1: C&O)<sup>8</sup>

Durante éste diálogo los estudiantes participan, dando a entender sus puntos de vista respecto a las observaciones que están realizando en el momento, lo cual constituye un indicio que deja en evidencia que el trabajo en grupo realizado en el marco de una actividad experimental permite a los estudiantes asumir roles dentro del grupo de trabajo y desarrollar ideas por medio de consensos, inclusive cuando aún no demuestran la confianza suficiente para trabajar alejados de las instrucciones guiadas por parte de los profesores.

<sup>8</sup> Transcripción 07 de febrero de 2014; pág. 2; Convención I. (Consenso, validación de ideas) – Sesión 1; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

Inicialmente las actividades estaban pensadas para que ellos trabajaran sin la necesidad de una instrucción constante de la profesora, sin embargo, era recurrente preguntas que cuestionaban acerca de qué orden debían seguir o que debían responder. Poco a poco, los estudiantes fueron comprendiendo que se trataba de un trabajo cuyas decisiones y formas de proceder frente a lo planteado, era una cuestión que debían asumir como grupo, y que debían confiar y valorar sus iniciativas para el desarrollo de las actividades.

Éste tipo de situaciones al principio se hacen evidentes en el siguiente fragmento, que contiene partes de una conversación en la cual la profesora debía intervenir con preguntas sobre sus procedimientos, pues hasta el momento los estudiantes permanecían callados, cuando estaban separando por montoncitos las fichas que podían ser ordenadas y aquellas que no, respecto a lo pedido en la tabla de la Actividad 1. Clasificación y Ordenación. (Ver anexo 2.)

#### **Indicaciones para el desarrollo de la actividad. Literal b.**

*De acuerdo con las clasificaciones realizadas, determine cuáles pueden ser ordenadas (de mayor a menor; de menor a mayor) y cuáles no pueden serlo. Construye una explicación para cada caso. Para éste caso puede valerse de la tercera columna de la tabla.*

No se leyó exactamente la pregunta, ni se llamó la atención a los estudiantes en relación con dicha pregunta, tratando de alejarlos de la idea de que debían seguir al pie de la letra dichas indicaciones.

**PROFE:** *y cuál es la explicación del por qué se puede ordenar el grosor*  
**SANDRA:** *sería más, más... (Dudosa)*  
**PROFE:** *¿cómo lo ordenaron?, recuerden otra vez lo que hicieron*  
**JUAN:** *de mayor a menor*  
**SONIA:** *un sinónimo de grosor*  
**JUAN:** *puede ser formando una escala*  
**PROFE:** *formando una escala... Bueno. Por qué se puede ordenar éste y los colores no se podían ordenar*  
(T. 10/02/14; pág. 1; Cv: H - S.1; Act.1: C&O)<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Transcripción 10 de febrero de 2014; pág. 1; Convención H. (Construcción de Explicaciones) – Sesión 1; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

Aunque en éste momento JUAN hace un aporte interesante relacionado con el proceso de medida, que tiene que ver con la construcción de escalas, se hace omisión y la profesora retoma insistente la pregunta planteada en la Actividad 1, pues aún no hacen alusión a ella.

SANDRA: **porque uno es más ancho**  
JUAN: *Puede ser por alturas*  
JUAN: **uno es más pequeño, otro más mediano, otro alto**  
SONIA: *otro más ancho*  
JUAN: *otro más angosto y así*  
PROFE: *cuál fue la palabra que ustedes me dijeron ahorita, que... qué hacían ustedes*  
VARIOS: *medir*  
PROFE: *y que más dijeron*  
JUAN: *comparar*  
PROFE: *entonces por qué si se puede ordenar*  
SANTIAGO: **sí, se puede ordenar, porque comparamos**  
JUAN: *se puede comparar o medir las fichas de acuerdo...*  
SONIA: *...para saber*  
SANDRA: *si se puede ordenar....*  
JUAN: *de acuerdo a su forma, vea, si se puede ordenar midiendo o comparando y...*  
SANDRA: *midiendo o comparando. Si se puede ordenar midiendo o comparando....*  
SONIA: *comparando las fichas entre si*  
JUAN: **para saber**  
WILDER: **cuál es más gruesa que la otra**

(T. 10/02/14; pág. 1; Cv: H - S.1; Act.1: C&O)

Por medio de preguntas, los estudiantes fueron estableciendo algunas ideas, de las cuales no habían hablado ni reflexionado y llegan a una posible explicación que da cuenta del por qué las fichas pueden ser ordenadas. El estudiante SANTIAGO sigue el orden de los cuestionamientos realizados por la profesora, y concluye que el hecho de que las fichas puedan ser comparadas entre sí, juntándolas unas a otras, pueda ser una razón por la cual son susceptibles de ser ordenadas. El complemento a la respuesta la dan al final de la conversación los estudiantes JUAN y WILDER, después de haberse consolidado entre todos la forma de comprender porque podría ser ordenada una propiedad, como lo era el grosor de las fichas (secuencia resaltada en negrilla).

En el transcurrir del desarrollo de la propuesta se evidencia que los estudiantes empezaron a ser más activos en la forma como participan y desarrollan las actividades. Las preguntas que hace la profesora para dinamizar la intervención en la propuesta, van disminuyendo, ahora son los estudiantes quienes empiezan a cuestionarse los procedimientos seguidos, dado que la misma actividad se los iba permitiendo. Como lo menciona Gómez (2006), por medio del lenguaje, la explicación se va volviendo contexto, la disposición de los materiales, la organización entre ellos, y la distante participación de la profesora, permite que los estudiantes comprendan que sus aportes y explicaciones son el centro de la actividad y va generando confianza en todo aquellos que piensan y razonan a medida que observan y escuchan las intervenciones de todos.

El siguiente fragmento, es extraído de la discusión que surgió entre los estudiantes al respecto de la pregunta planteada en la Actividad 3: Cotidianidad como parte histórica de la construcción de conocimiento. Primera parte.

#### **Indicaciones para el desarrollo de la actividad. Preguntas.**

- ✓ *¿En qué tipo de situaciones y bajo qué parámetros puede un objeto calentar a otro?*

Ante la pregunta los estudiantes empiezan a deliberar, inicialmente retoman una situación a la cual desde su experiencia cotidiana, le encuentran explicación, respecto a lo cuestionado:

**SANDRA:** *también depende de la sustancia profe, porque de pronto puede haber **éste poquito de agua caliente, que es muy caliente**, y al meterla en un baldado de agua o de hielo se va a enfriar, no se va a calentar lo frío, de pronto un poquito si se calienta, se derrite, pero mientras que el agua se derrite del todo, pues se pone fría*

**SANTIAGO:** *mientras que el hielo hace efecto*

**SONIA:** *o sea le puede más lo que esté de mayor cantidad*

**TATI:** *vuelve a su estado normal*

**SANTIAGO:** *depende de su cantidad. Aunque vea que muchas veces uno de pronto... un jugo ¿cierto? Y le echa por ahí dos cubitos de hielo, no es tanta cantidad de hielo, y eso lo enfría.*

**JUAN:** *o será por lo que se agita ¿no?*

**SONIA:** *no sí, pero... no, no, pues lo que nosotros queremos decir, por ejemplo, ahh esta medio vaso aquí y está caliente, muy caliente y se lo echamos aquí en el hielo, entonces lo metemos acá usted qué cree: ¿que el hielo se va a calentar o el agua de acá arriba se va a enfriar?*

**SANTIAGO:** *pero por eso se lo digo, podemos tener un vasado del mismo, es decir, de la misma agua caliente, ¿cierto? Y le metemos uno o dos cubitos de hielo que no es la misma cantidad*

**SANDRA:** *obviamente el hielo lo va a enfriar pero es que nosotros estamos diciendo que...*

**SANTIAGO:** *por eso, pero entonces no es dependiendo de su cantidad, ustedes dijeron que depende de la cantidad, o sea que dependiendo de la cantidad, tampoco da, pues...*

**SONIA:** *no porque va a tener, mire que va a tener más agua caliente entonces ¿qué va a hacer? Lo va a enfriar*

(T. 21/02/14; pág. 5-6; Cv: G - S.5; Act.3: CHCC)<sup>10</sup>



**Foto 1.** Discusión sobre fenómenos térmicos cotidianos

Como ya se había indicado en párrafos anteriores, la disposición del lugar y de las herramientas posibilita la creación de contextos, los cuales generan espacios donde se resalta el carácter discursivo y social de la experimentación (García, 2011; Malagón, et al., 2011; Romero & Aguilar, 2013), en un marco de justificación e indagación entre los estudiantes, de acuerdo con las situaciones

<sup>10</sup> Transcripción 21 de febrero de 2014; pág. 5-6; Convención G. (Cuando en las discusiones se evocan situaciones Cotidianas) – Sesión 5; Actividad 3: Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento.

planteadas en una actividad experimental. Es de resaltar, que en dicho espacio los estudiantes contaban con una serie de materiales dispuestos de tal forma que ellos pudieran interactuar sin necesidad de seguir una ruta específica (Ver Foto 1.), sino que se convirtieran en elementos con los cuales ellos mismos pudiesen recrear situaciones particulares de acuerdo a la necesidad surgida en el desarrollo de una discusión. (Ver anexo 2.)

Es por esto es que los estudiantes hacen referencia a los cubos de hielo, puesto que era una de las herramientas con las cuales contaba, la estudiante SANDRA recurre a señalar las vasijas y vasos que contenían hielos, agua a diferentes grados de temperatura, para empezar la discusión. Esta intervención de SANDRA hace que los demás centren su atención en relación con la cantidad de las sustancias puestas en interacción, y mientras los demás se van sumando a lo expuesto por ella, SANTIAGO recurre a una situación cotidiana con la cual muchos están familiarizados para afianzar el aporte inicial. Esto se relaciona con lo que Eder & Adúriz-Bravo (2008), expone acerca de cómo las explicaciones construidas por los estudiantes en espacios donde se les ha proveído de herramientas necesarias, se relacionan en la mayoría de los casos con el mundo que los rodean, con su cotidianidad.

En las líneas siguientes de la intervención de SONIA, se presenta una situación de discusión entre los estudiantes que anteriormente habían expuesto sus explicaciones ante la situación planteada, notándose cómo SANTIAGO prevalece en su ejemplo (resaltado en negrilla) mientras cuestiona a sus compañeras SANDRA y SONIA, lo cual abre un breve momento de discusión, aclaración y preguntas entre los estudiantes, que conllevan a centrar la atención en las razones y argumentos dados, tornándose en un espacio donde los estudiantes defienden sus ideas, las justifican y buscan credibilidad entre los demás para ratificar sus explicaciones, es decir, una búsqueda de consenso social, mediante la exposición de razones derivadas de la cotidianidad.

Candela, (1997), citado por Eder & Adúriz-Bravo (2008), expone que la construcción de explicaciones surgen a partir de situaciones específicas, que permiten la interacción social, donde se genera discusiones, justificaciones y significados alrededor de una situación planteada, se menciona además, que en éste espacio surgen entonces expresiones, que más que una descripción de una situación, trata de comprenderla, exponiendo así, las razones por las cuales se considera que ocasiona los efectos alrededor de los cuales se genera la inquietud.

En el siguiente fragmento, a pesar de la timidez de los estudiantes, como se había comentado anteriormente, empezaron a construir explicaciones, mostrándose más seguros de lo que exponen y evocando algunas experiencias cotidianas, que tenían que ver con la situación planteada y que refuerzan sus ideas ante los demás, quienes aprueban su justificación.

- JUAN:** *¿Qué condiciones deben establecerse para que una bebida permanezca caliente el mayor tiempo posible?*<sup>11</sup>
- SANDRA:** *taparle el vapor.*
- JUAN:** *Piensa qué mecanismos se podría construir para tal fin y describe las características que deben tener los materiales empleados.*
- SONIA:** ***que el aire no haga efecto en ella***
- SANDRA:** *taparle el vapor*
- SANTIAGO:** *o también que estén más...*
- SONIA:** *siii, no ve que usted por ejemplo hierva una aguapanela<sup>12</sup> en la casa, y usted la deja destapada se le enfría más rápido y si usted la deja bien tapada, tarda más tiempo en..., por qué, porque tarda más tiempo en enfriarse, **el vapor se concentra y va a permitir que se conserve caliente por más tiempo, mientras que si uno lo destapa se va yendo el vapor***

---

<sup>11</sup> Esta pregunta hace parte de la Actividad de dicha sesión, el estudiante JUAN estaba realizando el rol de moderador y era quien leía las preguntas para luego ser resueltas entre todos los integrantes, es de resaltar, que estos roles no fueron asignados previamente por la profesora, sino que se debieron a la forma como los estudiantes dispusieron del espacio y de la organización para el desarrollo de la actividad

<sup>12</sup> “es una bebida que se encuentra comúnmente en toda América del sur y algunas partes de América central y el caribe. Su traducción literal significa agua de panela, ya que es una infusión a base de panela que se deriva de endurecido de calla de azúcar de la pulpa. (...)Es sobre todo popular en Colombia y algunas partes de Brasil.” Wikipedia

(T. 21/02/14; pág. 6; Cv: G - S.5; Act.3: CHCC)<sup>13</sup>

En éste fragmento, la estudiante SONIA, lleva el hilo de la conversación entre sus compañeros, teniendo en cuenta todo lo discutido en la solución a la anterior pregunta, a partir de toda la información que de allí se deriva, recurre a una situación que es familiar para todos, y construye la explicación alrededor de la observación hecha, dándole así importancia a la condición de conservar el “vapor” como una consecuencia de lo que antes expuso como no dejar que el “aire haga efecto”. La expresión marcada del “Siii” es una forma de plantearles a los demás que se tiene la razón y que por lo tanto se ha encontrado la forma de dar solución a la situación planteada, el ejemplo utilizado por la estudiante sirve para evidenciar que la estudiante comprende el hecho del cual se está hablando.

Más adelante se encuentra otro fragmento, relacionado con la misma pregunta, en el que los estudiantes demuestran mayor apropiación de la dinámica de trabajo y se empieza a evidenciar la forma como los diálogos surgidos a partir de las preguntas planteadas en la propuesta, los ejemplos que evocan desde su experiencia cotidiana para reforzar las exposiciones, y las preguntas que se plantean entre los participantes a medida que van exponiendo sus ideas, se convierte en los elementos que permiten la configuración de un espacio en el que se resalta el carácter discursivo y social del trabajo científico, que las actividades experimentales propuestas de éste modo pueden reforzar dentro de los procesos de formación en ciencias en el ámbito educativo.

Ya los estudiantes habían hablado de varias condiciones para que una bebida permaneciera caliente o fría por mayor tiempo, una de las respuestas estaba relacionada con el tipo de recipiente para almacenar un líquido y en éste

---

<sup>13</sup> Transcripción 21 de febrero de 2014; pág. 6; Convención G. (Cuando en las discusiones se evocan situaciones Cotidianas) – Sesión 5; Actividad 3: Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento.

momento se encontraban centrados en el material de dicho recipiente y su relación con la conservación de un estado o grado de temperatura:

WILDER: *pero es que ahí no dice, cuando acaba de hervir, después lo pueden echar a otra cosa para que permanezca más tiempo caliente, por ejemplo en una botella de litro, **porque el plástico es todo delgadito y ahí permanece más tiempo caliente.***

SONIA: ***usted por qué dice, ¿porque es más delgadito?***

WILDER: *claro*

SONIA: ***¿o sea que si uno pone una aguapanela en un recipiente más grueso se va a enfriar más rápido?***

WILDER: *noo, no sé si se va a enfriar más rápido pero si sé que dura más en el plástico delgadito, **yo creo***

SONIA: ***pero ¿por qué?***

JUAN: *si porque cuando le sirven a uno un tinto en un pocillo... en un vaso desechable eso dura uff... eso se quema uno, en cambio le sirven a uno en una taza que es más gruesa, una taza de loza y eso se enfría de una*

SANTIAGO: *mire el boquete de la taza de loza y mire el del vasito de plástico (mientras dice esto con las manos le enseña a su compañero la diferencia)*

JUAN: *no, y yo también he ensayado en tazas de desechable y es lo mismo*

SONIA: *o en esas tazas de peltre, eso sí se calienta mucho ¿no?*

PROFE: *sí, se calientan pero ¿conserva el frío o el calor?*

JUAN: *a mí me parece que si conserva*

SONIA: *pero no tanto, pero si conserva algo*

(T. 21/02/14; pág. 8; Cv: I y G - S.5; Act.3: CHCC)<sup>14</sup>

En la parte que se coloca en parrilla, se resalta la acción de SONIA, quien interpela y realiza un cuestionamiento a su compañero WILDER respecto a lo que el plantea sobre el material del recipiente, a fin de que el amplíe su respuesta o encuentre una contradicción en lo que está señalando. Sin embargo la respuesta dada por WILDER, no modifica lo que ya había comentado, se nota cierta desestabilización en su forma de responder, ante la expresión “yo creo” la estudiante SONIA interpela nuevamente, buscando una razón que apoye la idea que había dado el estudiante. Como ha de notarse, las razones con las cuales los estudiantes apoyan sus ideas, provienen en repetidas ocasiones de sus experiencias cotidianas, para dar sentido a las observaciones que realizan y

<sup>14</sup> Transcripción 21 de febrero de 2014; pág. 8; Convención I (Consenso, validación de ideas) G. (Cuando en las discusiones se evocan situaciones Cotidianas) – Sesión 5; Actividad 3: Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento.

poder construir una explicación que resuelva la inquietud planteada. Es importante que ellos entre sus conversaciones, se vayan complementando las ideas a medida que se escuchan, hay momentos en los cuales se retractan y otros en los cuales reafirman sus concepciones.

La parte subrayada, muestra como el estudiante SANTIAGO, utiliza una de las herramientas con las cuales cuenta en la mesa, para tratar de ratificar lo que SONIA le está interpelando a WILDER, sin embargo, no es tomada en cuenta su intervención; a pesar de esto, es un aporte muy bueno, si se relaciona con lo que anteriormente SONIA había explicado sobre el por qué un líquido tapado permanece más tiempo “caliente” (Ver T. 21/02/14; pág. 6; Cv: G - S.5; Act.3: CHCC), puesto que retiene el “vapor”, por lo tanto sería retomar una explicación dada durante el proceso, para usarla como justificación en nuevos diálogos.

Es importante pues, permitir a los estudiantes exponer sus ideas, traer al aula las experiencias con su entorno en la medida que éstas se vayan convirtiendo en explicaciones propias, guiadas por una actividad que proporciona la posibilidad de que el estudiante interactúe con sus compañeros, de tal forma que dicha interacción como se evidencia en los trabajos de Latour & Woolgar, (1995) se convierta en una posibilidad para resaltar el carácter discursivo de la ciencia, que busquen consenso entre todas sus ideas, y que vayan formalizando los conceptos inmersos en las preguntas y actividades planteadas, como una forma de construcción de conocimiento.

### **5.1.2 Experimentación como escenario de construcción social de fenomenologías.**

Para los intereses del Trabajo de Investigación hablar de construcción social de fenomenologías, es preciso asumir una visión de ciencia de carácter sociocultural,

donde es posible una construcción social de la realidad natural a partir de la organización de la experiencia sensible (Romero & Aguilar, 2013).

Así pues la actividad experimental, se convierte en un escenario que abre la posibilidad de un dialogo entre los estudiantes en torno a una situación particular planteada, que al ser recreada por ellos les exige una puesta en común acerca del centro de interés de sus acciones, de sus interpretaciones en relación con el uso de los sentidos, de las conclusiones y demás procedimientos que se derivan del desarrollo de dicha actividad.

Para el análisis de ésta subcategoría se centra la atención en aquellos fragmentos en los cuales se pueda evidenciar cómo los estudiantes le dan valor a sus explicaciones utilizando razones derivadas de las experiencias en las que ellos intervienen con sus sentidos, a partir de esto construyen explicaciones, formulan conclusiones y tratan de dar significado a lo observado. El fenómeno en sí es una construcción realizada a partir de la significación de la experiencia sensible de los estudiantes.

Como se había expresado en la anterior categoría, al inicio de la implementación de la propuesta pedagógica llevada al aula de ciencias de la institución, los estudiantes realizaban intervenciones muy cortas e intermitentes, en ocasiones era necesario que la profesora realizara preguntas acerca de sus procedimientos, de tal forma que ellos iban llegando a las conclusiones y no quedaran sueltas sus ideas. En relación con las explicaciones y conclusiones que se derivan de la experiencia sensible, se pudo notar en el transcurso del desarrollo de la propuesta, la forma como los estudiantes iban dando importancia a sus sentidos y percepciones como un elemento que les permitía entender y construir consensos frente a los procedimientos que debían seguir, de acuerdo a las situaciones planteadas.

El siguiente fragmento hace parte de la Actividad 1: Clasificación y Ordenación:

**Indicaciones para el desarrollo de la actividad. Literal a.**

- a. *Determine formas posibles de clasificar la colección de sólidos que se encuentran en las mesas de trabajo.*

Los estudiantes ya habían realizado algunas otras clasificaciones, por color y tipo de figuras, al pedirles que pensarán en otro tipo de clasificación empezaron a notar diferencias cuando utilizaron el sentido del tacto



**Foto 2.** Clasificación de bloques lógicos

**SONIA:** *Porque es que miren ese y comparen ese con éste. Miren que pasan liso, y ese no. Se siente como... la diferencia.*

Los estudiantes continúan realizando comparaciones y separando las fichas, más adelante vuelven a considerar la posibilidad de tocar de forma más detenida las fichas para realizar conclusiones acerca de en qué lugar debían ubicarlas.

**SANTIAGO:** *Sí. Tocan más bien con éstos.*

**SONIA:** *Éstos si pero, pero éste de pasta no. Toque y vera la diferencia que se siente con éste a con éste.*

Más abajo continúan los estudiantes, hablando de lo que sienten con cada ficha, y comparando entre sí lo que sienten.

SONIA: *Vea, toque esto.*

SANDRA: *Y hay unas de madera que son más lisas que las otras. Es como ésta, es más...más lisas que éstas.*

WILDER: *Eso se llama contextura.*

(T. 07/02/14; pág. 10-13; Cv: C - S.1; Act.1: C&O)<sup>15</sup>

En esta parte de la actividad, por primera vez se empieza a darle importancia al sentido del tacto, pues al inicio se remiten solo a lo que observan, asumiendo que todos tienen las mismas percepciones por ejemplo del tipo de color. En éste caso los estudiantes insisten en tocar para que todos puedan llegar a una misma conclusión respecto de la clasificación que van a realizar, por lo cual, se trata de una construcción colectiva, respecto a lo que se “siente”. WILDER concluye diciendo, que la clasificación que van a realizar será por la contextura.

Los estudiantes toman su tiempo para realizar la clasificación, y en repetidas ocasiones cada uno palpa las fichas e interroga a los demás acerca de su concepto. Como se había mencionado en la descripción de la subcategoría en cuestión, la organización de la experiencia sensible es una construcción social, que requiere de diálogo y consenso frente a la descripción y comprensión de lo que captan los sentidos, en torno a una situación planteada o un fenómeno analizado. Al finalizar los estudiantes, con base en lo que ellos percibieron por medio del tacto, concertaron que dicha clasificación podría ser ordenada teniendo en cuenta tres clases, liso, semiliso y rugoso.

Es importante resaltar cómo luego de ésta sesión, los estudiantes nuevamente retoman éste procedimiento, cuando se les pide ordenar una serie de líquidos y objetos que se encuentran a diferentes grados de calor, prestando igual

---

<sup>15</sup> Transcripción 07 de febrero de 2014; pág. 10-13; Convención C (Importancia de los sentidos en el desarrollo de las ACTIVIDADES EXPERIMENTALES) – Sesión 1; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

atención a la interpretación derivada de la interacción del tacto con cada objeto líquido o sólido, para poder llegar a acuerdos en cuanto a la forma de realizar la ordenación que se les pedía. Actividad 2: Los Sentidos en los Procesos de Clasificación de Magnitudes.

### Indicaciones para el desarrollo de la actividad.

*Ordene de menor a mayor o mayor a menor los diferentes sólidos y líquidos, de acuerdo a su grado de calor. (Una lámina de aluminio al medio ambiente, una tabla de madera al medio ambiente, un tubo de hierro (tubo t) expuesto a una cubeta con hielo, un tubo de hierro de 50 cm al medio ambiente, un tronco de plástico al medio ambiente, un litro de agua recién hervida, un vaso de agua al ambiente, aceite “tibio”, un pocillo de tiner)*



Foto 3. Proceso de Ordenación de acuerdo al grado de calor

- WILDER: entonces éste iría de primero. (Muestra una cubeta llena de hielo)  
PROFE: saquen el tubo del hielo  
JUAN: es más frío el alcohol que el agua (varios introducen sus dedos en los líquidos varias veces)  
SANDRA: nooo es más fría el agua  
WILDER: Siii es más fría el agua  
SANDRA: es más fría el agua  
WILDER: **metamos la mano**  
TATI: la madera puede ir por acá

- SANDRA:** *no pero con el mismo dedo, como se le ocurre* (esto lo dice, pues WILDER introduce el dedo en el alcohol y luego en el agua)
- TATI:** *no pero es que hay que tocar todo para que después explicar todo* (de acuerdo a lo que han hecho los estudiantes, empiezan a enfilar los objetos uno tras otro)
- YEFERSON:** *nooo pero como lo vas a tocar con la misma mano*

(T. 17/02/14; pág. 1; Cv: C - S.4; Act.2: S&CM)<sup>16</sup>

Aún sin nombrar la palabra temperatura, sin saber mucho del tema, por medio de los sentidos los estudiantes tienen la idea intuitiva de cuándo se tiene mayor o menor “grado de calor”. Es importante resaltar cómo los estudiantes luego de interactuar con los diferentes objetos y líquidos, consideran importante utilizar sus sentidos para tomar la decisión de cuál tenía mayor grado de calor o cuál estaba más “caliente”.

Los estudiantes en conjunto empezaron a interactuar con todos los líquidos y sólidos, sin embargo la estudiante SANDRA se percató que algunos tocan todos los objetos con la misma mano, o con el mismo dedo, por lo cual, de acuerdo a su comentario, considera que es un error. Sin necesidad de más diálogo al respecto, todos parecen aceptar dicha advertencia y con base en el comentario que había realizado la compañera SANDRA se estableció como criterio para ordenar los diferentes líquidos y objetos, no tocarlos con la mano o los dedos una vez ya haya tocado otro sólido o líquido. Esto da a entender que se hace una consideración en torno a la posibilidad de alterar un resultado, es decir de alterar lo que pueda ser “sentido”.

Es de resaltar que en ésta actividad los estudiantes solo cuentan con la información que ellos leyeron al principio, la cual les señala el tipo de materiales que tienen y les pide ordenarlos de acuerdo a su grado de calor. En ningún momento se les sugiere procedimientos a seguir, ni cómo deben utilizar los

---

<sup>16</sup> Transcripción 17 de febrero de 2014; pág. 1; Convención C (Importancia de los sentidos en el desarrollo de las AE) – Sesión 4; Actividad 2: Los Sentidos en los Procesos de Clasificación de Magnitudes.

materiales, por lo tanto ellos mismos establecen sus propios criterios, le dan valor a sus aportes o comentarios y aprueban las sugerencias respecto al tipo de acciones y cuidados que deben tener, esto posibilita afianzar en ellos la confianza en sus explicaciones, recurrir a sus experiencias y construir sus propios significados alrededor de una situación.

Es así como las explicaciones y formas de actuar durante una actividad experimental, están permeadas por los consensos, derivados de la construcción de significados que se le da a las situaciones planteadas por medio de los sentidos. El trabajo conjunto, de todos los integrantes permite no solo los consensos, sino también la posibilidad de reflexiones e interpretaciones en torno a un fenómeno, que conlleva a la construcción de conocimiento en las clases de ciencia.

La actividad experimental realizada por los estudiantes, cuenta con materiales comunes encontrados en la misma institución, es una actividad realmente corta y que no requiere de un espacio con dotación específica, ni con una previa instrucción de cómo manejar adecuadamente y de forma precisa los aparatos con los que regularmente se cuenta. Ésta actividad convierte dicho espacio en un escenario donde se le da mayor importancia a las reflexiones y conclusiones derivadas de la interacción entre los estudiantes, la interpretación y significación de sus sentidos en cuanto a la construcción de un consenso frente a lo que se “siente” y cómo esto permite llevar a cabo procesos importantes como la ordenación de dichos objetos de acuerdo a su grado de calor, prevaleciendo los procesos discursivos dentro de las clases, dados en la comunicación con los otros.

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, en éste trabajo de investigación se ha asumido una visión de ciencia como una actividad social de construcción de conocimiento, la cual tiene lugar dentro de una comunidad unida por intereses y convicciones colectivas (Fleck, 1986; Kuhn, 1969), por lo cual se rechaza la idea de un trabajo individual. Consecuentemente en la propuesta

pedagógica se diseñaron actividades donde se privilegiara el trabajo en equipo, de tal forma que los estudiantes debían asumir roles y realizar aportes a fin de responder a la demanda planteada. Entre los roles que los estudiantes asumían, es interesante hacer notar como algunos se convertían en agentes reguladores del rumbo que tomaban los diálogos y los procesos que debían seguir, como lo evidenciado en el caso anterior con la estudiante SANDRA.

En el siguiente fragmento se resalta un nuevo rol asumido ésta vez por el estudiante WILDER:

- TATI: *¿Qué tipo de acciones pueden alterar el grado de calor de un objeto o un líquido?*
- SONIA: *el cambio*
- SANTI: *si esto se pone más caliente o más frío*
- SONIA: *si pues el cambio de temperatura ya sea pues...*
- WILDER: ***pero es una acción, una acción***
- SANTIAGO: *ya sea frio o caliente*
- WILDER: *osea que hay que por ejemplo*
- SONIA: *si... osea que también puede ser al ambiente, ya me hago entender... o ya sea a un objeto, a un aparato o al ambiente*
- WILDER: ***pero es que es una acción, una acción, que se le hace, para que se le altere.***
- SONIA: *¿Qué tipo de acciones pueden... acciones... (piensa un poco)*

(T. 21/02/14; pág. 1; Cv: I - S.5; Act.3: CHCC)<sup>17</sup>

Es interesante analizar cómo el trabajo conjunto entre los estudiantes posibilita relaciones dialógicas de corrección y permite que se autorregulen sus acciones dentro del desarrollo de las actividades. WILDER es un estudiante que constantemente está objetando las respuestas de sus compañeros cuando él considera que no están atendiendo a las demandas hechas en las preguntas o sugerencias de trabajo (resaltado en negrilla). Esto ha permitido en ocasiones, que el grupo no se desoriente en cuanto al objetivo de la actividad propuesta,

<sup>17</sup> Transcripción 21 de febrero de 2014; pág. 1; Convención I (Consenso, validación de ideas) – Sesión 5; Actividad 3: Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento.

siempre que el interviene sus demás compañeros toman atenta nota de sus sugerencias y replicas.

.

## **5.2 El papel del instrumento en la construcción de conocimiento**

### **5.2.1 Instrumento como medio de registro y constatación de datos**

En esta subcategoría, se tiene en cuenta la concepción usual de los instrumentos como herramientas con las cuales se verifican los supuestos teóricos, en relación con la actividad experimental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física. Esta concepción genera una visión reduccionista y unilateral del instrumento, que no permite que se exploren las bondades que subyacen desde su construcción hasta la reflexión en torno a su utilización.

Dicha visión respecto al instrumento, se ha generalizado dentro del ámbito escolar, debido a la concepción de ciencia y de relación entre teoría y experimento heredada de la fuerte influencia del movimiento positivista del siglo XIX.

Dado que desde el inicio, a los estudiantes se les empezó a suscitar la necesidad de ordenar colecciones de objetos, pero no se les dio opciones de elegir instrumentos para tal fin, los estudiantes fueron acostumbrándose a trabajar sin éstos y empezaron a construir sus propios criterios, a pesar de ello, era regular escucharlos hablar por ejemplo de centímetros y grados, unidades correspondientes a la longitud y a la temperatura, pues son formas comunes de expresarse, pero que pocas veces se abre un espacio de reflexión frente a su significado.

El siguiente fragmento se desprende de la reflexión que los estudiantes estaban realizando respecto a la forma como ordenaron una colección de sólidos y líquidos

que se encontraban a diferentes grados de calor, luego se les planteó la siguiente cuestión

### **Indicaciones para el desarrollo de la actividad.**

*De acuerdo con la ordenación que realizaste de los líquidos y sólidos según el grado de calor, realiza una representación gráfica de ésta ordenación utilizando por ejemplo; líneas de distinta longitud, barras, colores, entre otros. Sin importar qué alternativa se utilice, se debe realizar una justificación acerca del tamaño o colores utilizados.*

Al respecto los estudiantes empezaron a dar sugerencias de cómo realizar dicho procedimiento:



**Foto 4.** Construcción gráfica-representación del grado de calor

- SONIA:** *la segunda pregunta dice: De acuerdo a la ordenación que realizaste de los líquidos y sólidos según el grado de calor, realiza una representación gráfica de ésta ordenación utilizando por ejemplo; líneas de distinta longitud, barras, colores, entre otros. Sin importar qué alternativa se utilice, se debe realizar una justificación acerca del tamaño o colores utilizados.*
- PROFE:** *o sea que por ejemplo a ese hielo le hacen una representación. Primero decidan cómo van a representar el grado de calor que cada uno de ustedes percibió de cada uno de esos objetos. Líneas, colores...*
- SANTIAGO:** *de frío a calor, podemos hacer un esquema ¿cierto?*

PROFE: *pero cómo*  
SANTIAGO: *por ejemplo el frío, podemos hacerlo muy bajito y el calor alto. (con las manos señala )*  
SANDRA: **utilizando el termómetro**  
PROFE: *entonces cojan una hoja y hagan el esquema*  
TATIANA: **utilizando un termómetro**  
SANDRA: *noo así como un...*  
SANTIAGO: *un esquema*  
(T. 17/02/14; pág. 3; S.4; Act.2: S&CM)<sup>18</sup>

Las estudiantes Tatiana y SANDRA asocian la actividad con la necesidad de utilizar termómetros, sin embargo, SANTIAGO no presta mayor atención y continúa con la idea del esquema:

SANTIAGO y otros estudiantes tocan nuevamente la cubeta con hielo y se miran para determinarle a Tatiana que cantidad de cuadritos (osea, el tamaño de la barra) le debe colocar a éste.

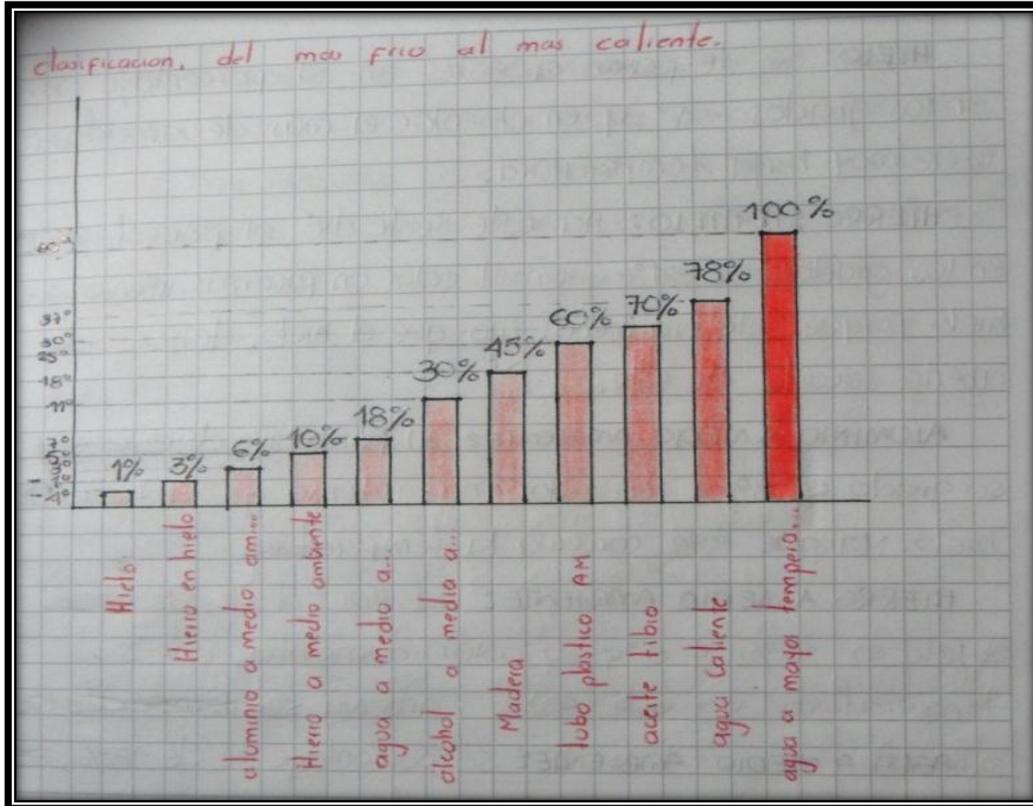
SANTIAGO: *ésta (refiriéndose a la cubeta con hielo) menos del cuadro.*  
SANDRA: *es que éste (refiriéndose a la cubeta con hielo) sería.... Ese está más frío que.... Por ejemplo, en éste momento está haciendo frío pero no tanto como ese, entonces sería.... Supongamos que acá estamos a... ¿cuántos grados?*  
SANTIAGO: *a 28°, lo normal, más o menos*  
WILDER: *nooo, por ahí a 38°*  
TATI: *no en éste momento estaremos a 21°.*  
WILDER: *nooo, ahh, ahh*  
TATI: *Está haciendo mucho frío,*  
SANTIAGO: **no profe es que para poder saber cómo es, necesitamos... no se... ya un termómetro**

A pesar de que inicialmente el estudiante SANTIAGO haya hecho caso omiso los cuestionamientos de sus compañeras, termina por convencerse de necesitar un termómetro, sin embargo, los estudiantes continúan deliberando frente a la situación. Nuevamente los estudiantes recurren a palpar los objetos y a decidir cómo representarlos, para esto eligen un gráfico de barras, y dan valores de porcentajes a cada una de ellas dependiendo del líquido u objeto representado<sup>19</sup>,

<sup>18</sup> Transcripción 17 de febrero de 2014; pág. 3;– Sesión 4; Actividad 1: Los Sentidos en los Procesos de Clasificación de Magnitudes

<sup>19</sup> Es de resaltar que en éste caso, los estudiantes hacen recurrencia a lo trabajado en el área de matemáticas, pues dicho periodo en estadística, estaban realizando actividades concernientes a la

además de discutir también acerca de los colores que tendría cada barra respecto del grado de calor del sólido o líquido.



**Gráfica 2.** Construcción realizada por los estudiantes

A pesar de la recurrencia a mencionar que se necesitaría de un termómetro para realizar la actividad, finalmente los estudiantes realizaron una representación de su percepción en cuanto al grado de calor de la colección de objetos, y se olvidaron para tal fin, de los datos que posiblemente el termómetro les hubiese proporcionado.

Otra consecuencia de la visión de un instrumento que se convierte en un agente verificador de la teoría, es la concepción de que los datos que éste arroja deben

organización e interpretación de datos agrupados, por lo cual decidieron utilizar barras como esquema de representación.

ser siempre exactos e incuestionables. A pesar de que en el transcurso de la propuesta los estudiantes le daban mayor importancia a los significados y explicaciones construidas entre ellos mismos, en ocasiones eran recurrentes al mencionar las características de los instrumentos reconocidos por ellos, como era el caso del termómetro, para justificar o dar credibilidad a las ideas surgidas de sus observaciones.

En el siguiente fragmento los estudiantes discutían acerca de qué termómetro podría ser más efectivo, luego de las observaciones realizadas cuando éstos eran puestos en interacción con líquidos a diferentes grados de calor:

*PROFE: para ustedes, cuál elegirían de todos de acuerdo a las características que observaron*

*SANTIAGO: y fuera de eso, pues debemos también tener en cuenta que **vea que el mercurio es el que más se usa para los termómetros, entonces por algo debe ser**, porque de pronto ya así como dice SONIA al subir más lento puede llegar a tomar la medida **más exacta** y todo para saber dónde llega*

(T. 28/03/14; pág. 6. Cv. A y G - S.7; Act.5: RC&C)<sup>20</sup>

La anterior apreciación tal vez se deba al hecho de traer a la memoria instrumentos convencionales como los termómetros de mercurio que se encuentran en el mercado, y considerar que éstos al no ser construidos por ellos, si sean verdaderamente exactos, es una forma de evidenciar como estamos condicionados por los eventos cotidianos y la forma de convencimiento ante los instrumentos hechos en lugares no cercanos a la gente común, permeados de un cientificismo que pregona la exactitud y la validez de los datos, en donde no queda espacio para el cuestionamiento ni la reflexión.

---

<sup>20</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 6; Convención A y G (Reflexiones sobre el papel del instrumento y Evocación de situaciones cotidianas) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

Es de resaltar que dado la intencionalidad con la cual fue diseñada la propuesta pedagógica los enunciados que se encontraron acordes a la forma de asumir instrumento como contrastación de datos, fueron pocos.

### **5.2.2. Instrumento como generador de fenomenologías**

La construcción de un instrumento proporciona la necesidad de elaborar explicaciones y puede convertirse en la posibilidad de ampliar la visión acerca de la construcción de un fenómeno a partir de la explicación, narración y análisis de su funcionamiento. Dado lo anterior se convierte en un medio por el cual los estudiantes pueden acercarse a la construcción propia de conocimiento, a partir de la interacción con los compañeros de trabajo.

Durante la implementación de la propuesta, se pudieron evidenciar en algunos fragmentos indicios que dan cuenta de las bondades e importancia de considerar aspectos que tienen que ver con la construcción de un instrumento en los procesos escolares, en cuanto a la construcción de fenomenologías como vía de acercamiento entre la relación disyuntiva experimentación-teorización.

En la siguiente discusión, los estudiantes cuestionan el funcionamiento del instrumento, y se hacen preguntas respecto a los elementos que lo componen, asociándolo a las conclusiones derivadas de sus observaciones durante la actividad, es decir, se puede evidenciar en éste extracto una forma de construir conocimiento a partir del propio instrumento, una forma de acercarnos a lo planteado por Iglesias, M. (2004), como ella lo supone un instrumento que está cargado de teoría. No es posible entonces realizar una distinción entre la teoría y la experimentación, pues se puede evidenciar cómo el mismo instrumento puede volverse objeto de reflexión en el desarrollo de una actividad experimental.

*Se quedan observando ya los termómetros, pero no interactúan con ellos, los dejan en el recipiente y se quedan en silencio.*



Foto 5. Calibración de los termómetros. Instalaciones de la UdeA

- SONIA: *(luego de estar observando) venga si así mismo sale de aquí entonces así mismo tiene que entrar*
- SANDRA: *como así*
- SONIA: *por ejemplo, para sacar éste líquido de acá...*
- SANDRA: *tiene que salir caliente*
- SONIA: *tiene que salir caliente, pero entonces para introducirlo alla ¿qué?*
- SANDRA: *tiene que estar frío*
- WILDER: *claro*
- SANTIAGO: *ummmmmmmm (piensa un poco)*
- TATI: *y cómo así*
- SANDRA: *si por éste huequito ¿no ve? con una jeringa*
- SONIA: *hay que introducirlo frio para poder que baje*
- TATI: *el tubo tiene que estar en una parte fría, por ejemplo el hielo y enseguida ir con una jeringa introduciendo el aceite porque o si no...*
- PROFE: *el aceite también frío*
- VARIOS: *si claro*
- WILDER: *y porque tiene que estar frio*
- SANDRA: ***porque es que el tubo es el que está haciendo contacto con éste y después él se lo transmite al líquido entonces para poderlo introducir el tubo debe estar frio para que el líquido entre***
- TATI: *y según la temperatura sube o baja*
- SONIA: *porque si baja con el frio*

(T. 28/03/14; pág. 2. Cv. A - S.6; Act.5: RC&CI:C)<sup>21</sup>

En el anterior diálogo se subrayó la conclusión realizada por la estudiante SONIA, esta conclusión se deriva de lo observado anteriormente con los termómetros

<sup>21</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 2; Convención A (Reflexiones sobre el papel del instrumento) – Sesión 6; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro: Calibración.

introducidos en los hielos., es una forma de cuestionar y reflexionar acerca del instrumento que se está utilizando. Es importante observar cómo los estudiantes hacen mención de la construcción de dicho instrumento y lo relacionan a la vez con lo que están analizando dentro de la actividad.

Se pone en negrilla, la consideración realizada por la estudiante SANDRA, que si bien es una reflexión en cuanto a los resultados de una interacción, también constituye un análisis del funcionamiento del instrumento, sin que se les hubiese hecho algún tipo de cuestionamiento en cuanto a ello. Así pues, las actividades experimentales que le permiten al estudiante explorar y expresar sus ideas, abre las posibilidades de que ellos mismos construyan el conocimiento, construyan un fenómeno.

En el siguiente dialogo se encuentran algunos enunciados no continuos, acerca del procedimiento inicial que los estudiantes realizaron para la calibración de los termómetros, que previamente estaban llenos de diferentes líquidos. La idea con las indicaciones dadas al principio, era que los estudiantes decidieran qué proceso se debía realizar para calibrar los termómetros, sin embargo, de acuerdo con la disposición de los materiales que se les entregó, se les estaba sugiriendo la forma tradicional de calibración, ellos interactuaron con los instrumentos durante un tiempo determinado:

*Se les sugiere a los estudiantes que empiecen con las preguntas que se refieren específicamente al trabajo que se realizará con los elementos con los cuales contamos en el espacio, además de indicarles que a pesar de trabajar todos juntos, deben construir sus propias explicaciones.*

*Los estudiantes introducen algunos termómetros al agua con hielo y empiezan a observar lo que va sucediendo*

*TATI: el rosado sube*

*SANTIAGO: ¿sube?*

*TATI: si con el frío sube. De resto los otros quedan en el mismo*

*SANDRA: éste sube con el calor. Al del mercurio no le pasa nada, o sí.*

SANTIAGO saca uno de los termómetros del recipiente que se encontraba sobre la parrilla y lo introduce en el hielo, con voz de sorpresa, tanto él como JUAN

SANTIAGO: *uyyyy ésta si baja rápido*

JUAN: *ayyyy profe si pillá,*

WILDER: *es que está perdiendo todo el calor*

SANDRA y Tatiana toman los demás termómetros y los introducen en el recipiente con hielo, observan atentamente para tratar de encontrar el porqué de la aparente contradicción encontrada con el termómetro que contiene agua con azúcar.

TATI: *el azúcar también bajó aquí en el hielo y lo hace muy rápido*

SANTIAGO: *bajó más rápido el de agua con alcohol*

TATI: *pero entonces yo no entiendo por qué ahorita estaba subiendo en el frío*

SANDRA: *pero ahí se va a quedar, se queda estable en un punto, mire que ya no baja más*

PROFE: ***ya con éstas observaciones ustedes qué dicen, ¿cuál es el procedimiento con que se puede calibrar?***

SANTIAGO: ***profe el procedimiento es el hielo está a una temperatura muy baja y la caliente en una muy alta. Entonces cuando se pone en el hielo es porque llega a baja temperatura y cuando llega a su máximo, o sea en la caliente es porque ya... se le pone 100, 120 lo que ya sea lo máximo***

PROFE: *elijan qué termómetros van a calibrar, de acuerdo a sus observaciones*

(T. 11/03/14; pág. 6. Cv. K - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>22</sup>

Luego de observar lo acaecido con los termómetros cuando éstos entraban en contacto con el hielo o con el agua del recipiente sobre el fogón, se hace la pregunta nuevamente sobre cómo calibrarlos, para lo cual se recibe una respuesta muy acertada, más teniendo en cuenta que los estudiantes no habían consultado previamente acerca del tema. Concluyo exponiendo pues, que las actividades anteriores, de manera libre y espontánea, ayudan para que el estudiante vislumbre lo que debe hacer al respecto.

Inicialmente el estudiante SANTIAGO, menciona que la cifra para el grado máximo de calor debe ser 100, lo cual es de suponerse que se debe a la influencia que se tiene del conocimiento de los termómetros convencionales, con los cuales los

---

<sup>22</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 6; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

estudiantes están familiarizados. Sin embargo, también abre la posibilidad de que sea otra cifra mayor y diferente, por lo cual no se ciñe únicamente a lo que está establecido desde la cotidianidad, aunque dicha influencia tiende a ser reiterativa durante las intervenciones hechas por SANTIAGO.

El siguiente fragmento, hace referencia a una pequeña exposición que hicieron los estudiantes, luego del proceso de calibración y construcción de escalas a los termómetros

*PROFE: primero vamos a realizar la parte expositiva de lo que hicimos la clase pasada, recuerden que no hemos hecho la conclusión de lo que ustedes hicieron, es decir, cada uno realizó un procedimiento diferente, tomaron decisiones cada grupo de forma individual y esas decisiones que tomaron son las que vamos a compartir aquí, vamos a decir el por qué, también algunas preguntitas que yo les hago con relación a lo que yo vi que ustedes hicieron Entonces cada uno coge sus termómetros. Para la exposición vamos a mencionar el procedimiento por el cual construyeron la escala*



**Foto 6.** Socialización de la construcción de escalas termométricas

*JUAN: lo dividimos de a veinte, y ya queda pues, queda muy grande porque entonces si digamos uno fuera a medir una temperatura y quedara por*

- aquí era más difícil, en cambio así es más fácil de ubicar a qué grado de calor está*
- SONIA: *profe, yo tengo un pregunta, o sea que el termómetro solamente tiene la capacidad de medir hasta ochenta grados no más? O sea ¿no puede medir otra temperatura más alta?*
- SANTIAGO: *si pero nosotros tomamos como referencia...*
- JUAN: *porque solo subió hasta acá*
- SANTIAGO: *no ya que también pues... ensayamos primero con cien pero no nos daba la división de todo*
- JUAN: *porque igual solamente había subido hasta acá, y si sería cien tendría que haber subido hasta acá*
- SONIA: *si pero pues, como puede haber unas temperaturas más altas a la que...pues que cuando hervimos el agua, puede haber temperaturas mucho más altas*
- JUAN: *es que vea, primero colocamos que cien acá (muestra el extremo superior del tubo capilar) ¿cierto? Entonces nosotros dijimos ahhh que aquí cien, entonces acá cincuenta (señala la mitad del tubo capilar) nosotros nos pusimos a pensar, si fuera cien tendría que haber subido hasta acá (señala la terminación del tubo capilar, según ellos casi a punto de derramarse el líquido) entonces dividimos y acá daba ochenta (el señala el punto máximo al que llegó el líquido que tenían dentro del termómetro), entonces ya... por eso lo dejamos ahí.*
- SANTIAGO: *También depende del termómetro (hace señas de que pueden tener tubos capilares muy grande o no, su referencia es explícitamente con la longitud del tubo capilar)*

(T. 28/03/14; pág. 1 y 2. Cv. E - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>23</sup>

Los estudiantes son cuestionados en cuanto a la forma como construyeron la escala sobre el termómetro, ante esto dentro del mismo grupo de compañeros surge la inquietud de porqué solo registraron marcaciones hasta ochenta, se genera así la duda de lo que se deba hacer en caso de tener temperaturas más altas que ésta, qué significado tiene entonces este valor y que significará que hallan mayores temperaturas. Esta reflexión suscitada por la construcción del mismo instrumento es importante, en la medida que permite a los estudiantes cuestionarse acerca de los resultados que se obtienen con dicho

<sup>23</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 1 y 2; Convención E (noción de equilibrio, cantidad de la sustancias, interacción entre objetos y sustancias) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

instrumento, de lo que representan y de prever futuras situaciones con respecto a las características y limitaciones que puede presentar.

Se subraya también el gesto realizado por SANTIAGO, pues con éste el estudiante hace notar que considera también de importancia tener en cuenta la forma como dicho instrumento está construido, pues en éste caso particular, la longitud y diámetro del tubo capilar incidirán en la forma como el líquido ascienda o descienda dependiendo del grado de calor con el cual se ponga en interacción.

El otro grupo, expone también, la forma como construyeron las escalas de los termómetros, y la relación de ésta con lo que denominan “capacidad para medir”, en cuanto a la propiedad de dilatarse una vez puesto en interacción con otros líquidos a menores o mayores grados de calor.

Los estudiantes no hablan en ningún momento de la exactitud en los datos que pueda proporcionar el instrumento construido, se basan en sus observaciones para tratar de predecir en términos de capacidad del instrumento, es decir, valorando sus propiedades, o más bien las propiedad en las cuales se basa su construcción.

**SONIA:** *nosotros elegimos la escala, pues... de grados pues centígrados, que ahorita usted nos preguntaba que por qué habíamos elegido esa. Porque es como la más común y la que nosotros más manejamos, pues por ejemplo están los grados Kelvin, grados celcius pero casi no los manejamos, entonces los grados centígrados si, entonces vimos como más común ese, aparte de que los manejamos mejor, y también tomamos éstas escalas, pues, de diez en diez y ya los dividimos en cinco en la mitad y ya pues uno más o menos sabe cuándo....*

**TATI:** *calculaba*

**SONIA:** *si calcula, entonces por ejemplo uno subía más que otro, pero tomamos como referencia también el líquido, puede que el termómetro lo sometamos a la misma temperatura pero qué pasa: un líquido puede.... Como son diferentes líquidos uno puede ebulir más que el otro, entonces el que ebulle más rápido tiene menos capacidad de medición y el que ebulle más lento quiere decir que soporta más altas temperaturas y tiene más capacidad de medir, entonces por ejemplo, son las mismas escalas pero el uno tiene más números o sea que tiene más capacidad de medir que el otro*

(T. 28/03/14; pág. 3. Cv. E - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>24</sup>

Tanto la experiencia, como el conocimiento de los eventos cotidianos relacionados con el caso que se estaba estudiando, dan elementos a los estudiantes para realizar explicaciones en torno a la “capacidad de medición” que tienen los termómetros de acuerdo al líquido que los compone, como también se puede evidenciar que el proceso mismo de construcción del termómetro permitió a los estudiantes hacer aseveraciones acerca de la viabilidad de un termómetro a otro para realizar posteriores mediciones. La justificación de las diferentes construcciones de escalas se puede derivar de la experiencia misma de su construcción, y de la forma como los estudiantes utilizan y hacen memoria de sus observaciones para justificar sus acciones.

Dado el desarrollo que se ha seguido de la propuesta pedagógica, ha permitido que los estudiantes puedan realizar algunas interpretaciones y discusiones en torno al funcionamiento del instrumento, en relación con las características de las propiedades con la cuales éste va a interactuar, los estudiantes realizan algunas conclusiones basados en las observaciones previas, cuando se les pidió calibrar y construir las escalas del termómetro, lo cual se constituye en un ejemplo de cómo dicha propuesta resalta el valor del instrumento como forma de visibilizar rastros que hablan de una propiedad, de un concepto de magnitud que ha sido construido en consenso, mediante el análisis de la construcción de dicho instrumento. (Ver siguiente fragmento) De esta forma como ya se había mencionado en los referentes teóricos, el fenómeno y el instrumento son construcciones en relación dialógica, la construcción y desarrollo de un instrumento, supone a la vez la construcción conceptual de un fenómeno. (Velasco, 1999)

---

<sup>24</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 3; Convención E (noción de equilibrio, cantidad de la sustancias, interacción entre objetos y sustancias) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

SANTIAGO: *yo pienso que con éste no podemos tomar la temperatura porque va a llegar a un punto que se va a....*

SONIA: *se va a derramar*

SANTIAGO: *al someterlo a esas temperaturas tan calientes va a llegar a un punto que se va a derramar y no vamos a saber hasta dónde va a subir, en este (señala el termómetro de mercurio) que es mucho más lento va a subir lento y va a llegar a un punto que ya no sube más*

PROFE: *y ya podemos medir lo máximo*

SANTIAGO: *si lo sometimos al agua hirviendo y subió pues, no llegó ni a la mitad del termómetro, entonces aguanta mucho más temperatura de lo que....*

SANDRA: *profe y también depende del vidrio, porque mire profe si uno lo somete, como estaban diciendo al hierro derretido, puede que el vidrio de tanto calor se explote...*

SONIA: *o se desintegre o algo así, igual no va a soportar, tiene que ser que, tanto el material con el que esté hecho el termómetro, tanto el líquido sea resistente para soportar esa temperatura y tenga la capacidad de medir porque uno no le puede meter cualquier cosa para medir*

(T. 28/03/14; pág. 7. Cv. K - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>25</sup>

En la parte subrayada del fragmento se evidencian criterios que se tienen en cuenta en la construcción de un instrumento, que se derivan de las observaciones hechas durante la experiencia y conclusiones que se han ido formalizando a través de las conversaciones y discusiones hechas en grupo, la palabra capacidad para medir se refiere a la característica hallada por los estudiantes, acerca de la resistencia de un material o líquido a altas temperaturas, o sea, a los cambios bruscos y de su observación con relación a lo que sucede con los líquidos cuando se someten a éstas temperaturas.

El sentido conceptual que tiene un instrumento lo proporciona quien lo construye, y al analizar el proceso de construcción, se entiende o se da a entender cuál es su visión sobre el fenómeno, cómo lo entiende, es decir, que el fenómeno depende de quien lo conoce. (Romero & Aguilar, 2013)

---

<sup>25</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 7; Convención K (todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

El siguiente dialogo resulta interesante en la medida que resalta las reflexiones suscitadas en los estudiantes, debido a la observación de los diferentes termómetros sometidos a altos grados de calor o bajos grados de calor. Una reflexión acerca de qué instrumento debe ser empleado para futuras comparaciones entre líquidos a diferentes temperaturas, constituye un aspecto de relevancia que se quería destacar con la propuesta pedagógica, y que está relacionado con el uso de instrumentos dentro de las actividades experimentales, no como un objeto que provee de datos exactos, sino como un medio por el cual los estudiantes pueden realizar una construcción de conocimiento, a partir de reflexiones que tienen que ver con su uso, y con la construcción de significados sobre los datos que éste pueda arrojar.

*PROFE: Y si ustedes tuvieran que elegir un termómetro de éstos para hacer mediciones, ¿cuál elegirían?*

*WILDER: el que más suba*

*SONIA: no, yo elegiría el más lento, pues el más lento no, el que o sea, se someta al agua caliente y se suba más poquito, porque quiere decir que tiene más capacidad de medir, en cambio sí sometemos por ejemplo un termómetro a la temperatura de esa agua eso de una se sube entonces no aguanta tanto lo que el otro es más lento, por ejemplo lo que decía WILDER, el mercurio que es más lento, entonces de pronto tiene más capacidad de medir*

*WILDER: no pero es que ahí (el termómetro de aceite) uno si puede medir la temperatura de la mano y sube más o menos... no hasta arriba pero si más o menos para dar una cosa exacta*

*PROFE: Y para usted ese (el de mercurio) no serviría*

*WILDER: no, no serviría*

(T. 28/03/14; pág. 6. Cv. E - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>26</sup>

El comentario que hace aquí SONIA, evidencia una posible contradicción entre lo que refutó al inicio de la sesión, referente al proceso que describieron JUAN y SANTIAGO, ella entonces decía que el termómetro, sí llegaba solo a 80, era

---

<sup>26</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 6; Convención E (noción de equilibrio, cantidad de la sustancias, interacción entre objetos y sustancias) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

porque tenía menos capacidad de medir, ahora plantea que puede ser al contrario, si sube más gradualmente o lentamente, puede tener mayor capacidad de medir.

Una situación similar se describe en el siguiente dialogo

*PROFE: cuál fue el que dijeron que subía con el frío?  
SANDRA: el agua con azúcar, el rosado  
PROFE: este era el que subía con el frío?  
SANDRA: si  
SONIA: tati pero éste sube más rápido (se refiere al agua con alcohol) porque tiene agua con alcohol*

*En el hielo se encontraba aún el termómetro que contenía el agua con azúcar, por lo cual luego de la pregunta a SANDRA se introduce éste en el agua contenida en el recipiente que se encontraba sobre la parrilla. Al hacer esto las chicas que se encontraban allí observan detenidamente*

*TATI: ¡ay no! está subiendo (refiriéndose al termómetro que contiene agua con azúcar)  
SONIA: ¿está subiendo? ¿Y cuál es ese?  
SANDRA: el agua con azúcar  
TATI: ¡y sube muy rápido! Más rápido que el alcohol  
SANDRA: **mire este es agua con alcohol y éste agua con azúcar, entonces corrija Tatiana (se refiere a corregir lo que habían concluido de la observación anterior, cuando introdujeron los termómetros al hielo)***

(T. 11/03/14; pág. 4. Cv. E - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>27</sup>

Se puede resaltar importancia de la actividad experimental como posibilidad de construir explicaciones a partir de ensayos y de inferencias que se afirman o contradicen por medio del desarrollo de la experiencia. Cambiar las consideraciones hechas respecto a un suceso, o fenómeno, debido a las diferentes observaciones y la cooperación entre pares podría constituirse en un reflejo del trabajo científico, que ha sido expuesto y descrito desde una mirada sociológica de la ciencia que busca despojar dicha actividad del manto de la

---

<sup>27</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 4; Convención E (noción de equilibrio, cantidad de la sustancias, interacción entre objetos y sustancias) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

exactitud y la rigidez procedimental del cual se reviste la ciencia en forma general para los estudiantes.

Al respecto, siguiendo a Hacking (1996), se reconoce las posibilidades de fallas y de errores en la actividad científica como parte del proceso de construcción de conocimiento; se reconoce a su vez que dicho proceso tiene un carácter fabricado de hechos, donde se entremezclan intereses sociológicos, cargas históricas en la forma de interpretar las observaciones y el sello característico del grupo de individuos que trabajan cooperativamente durante dicho proceso.

Así pues, en el ámbito educativo, lo anterior conlleva a asumir que dentro de la construcción de conocimiento los procesos discursivos de la ciencia adquieren mayor relevancia, asumiendo que éstos se dan necesariamente por la necesidad de comunicación entre los integrantes.

Debido a que los estudiantes empezaron a interesarse por sus procedimientos, por dar significado a las observaciones realizadas y por plantearse cuestionamientos frente a los datos obtenidos, a la forma como construían interpretaciones y significados a los eventos a los que ellos le prestaban mayor atención, la profesora empieza a intervenir con otro tipo de preguntas, las cuales inicialmente no estaban contempladas en la propuesta. Dichas preguntas fueron tornándose en un diálogo permanente entre los estudiantes y la profesora, donde los estudiantes se mostraban más seguros de sus razonamientos y daban explicaciones más elaboradas frente a los procesos hechos y los significados elaborados en torno a la construcción conceptual que se estaba realizando sobre la medición del grado de calor.

*PROFE:* no, que aquí hay diferentes termómetros con todos ellos midieron en agua caliente y en el agua caliente aparecen diferentes temperaturas, entonces lo que yo les preguntaba, esa agua caliente ¿tenía diferentes temperaturas?

*SANDRA:* según la capacidad que tienen el termómetro profe, y también depende del líquido, porque con el tiempo que tomaron, pues sometieron el termómetro,

- están a la misma temperatura del agua ¿cierto? Lo que sube es la capacidad del termómetro o también depende del líquido no porque el agua está más caliente y a la vez más fría, no. Porque sometieron dos a un... al agua caliente y uno subió más que el otro por la capacidad que tiene el líquido como de subir*
- PROFE:** *entonces en sí la temperatura de esa agua caliente es la misma para todos*
- SONIA:** *si porque no es por ejemplo no es lo mismo poner digamos en éstos termómetros agua sola y alcohol ¿cuál creen que va subir más rápido? En agua caliente*
- SANDRA:** *el alcohol*
- SONIA:** *el alcohol, entonces es por el líquido. Si estuviésemos tratando tal vez diferentes.... Pues el mismo líquido tal vez pero estamos tratando líquidos diferentes*
- SANTIAGO:** *y vea que incluso podemos comparar el agua con alcohol y con mercurio. El mercurio es muy pesado y no hace que suba... en comparación del agua con alcohol*
- PROFE:** *entonces podemos decir que cuando estamos midiendo temperaturas estamos haciendo mediciones exactas?*
- VARIOS:** *no*
- PROFE:** *en sí que es lo exacto en una medición, o qué es lo que se mide en sí, y cuando ustedes dicen que están midiendo, que es en sí medir, o sea, para medir la temperatura qué es lo que se hace, qué están haciendo ustedes*
- SANTIAGO:** *según el termómetro tomar una referencia de pues sí, como lo organizamos y todo a cuanto está*
- TATI:** *es que lo que está adentro es el líquido entonces es el líquido quien mide según su capacidad*
- PROFE:** *capacidad de qué?*
- TATI:** *de calor o de frío, entonces por eso uno sube más, por eso otros bajan más, otros se quedan estables, y ya... pues dependiendo también su líquido*

(T. 28/03/14; pág. 15. Cv. K - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>28</sup>

Continuando con lo expuesto en el párrafo anterior, durante este dialogo, se evidencia una postura crítica de los estudiantes frente al instrumento, en el cual realizan reflexiones acerca de su funcionamiento y sus resultados. Es importante resaltar como en el desarrollo de la propuesta pedagógica los estudiantes fueron adoptando un especial interés por develar todas aquellas inquietudes que fueron surgiendo a partir de sus observaciones, además de la capacidad desarrollada para atenderse entre sí, escuchar las respuestas de sus compañeros y poder

<sup>28</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 15; Convención K (todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

complementar o contraargumentar las ideas surgidas frente a los cuestionamientos hechos, y las posibles soluciones a dichos cuestionamientos.

Es así como el instrumento pasa de ser un elemento externo a la actividad experimental, incluso externo a la magnitud que intenta medir, y de la cual éste arroja datos, a convertirse en una posibilidad que abre el diálogo entre los estudiantes, potencializa los procesos de construcción de conocimiento y se convierte en un elemento que constituye la posibilidad de acercamiento entre experimentación y teoría. Permite que el estudiante se despoje la idea de exactitud, que es la connotación usual que tienen de los instrumentos, y les permite cuestionar sus resultados a la luz de su composición y funcionamiento, de tal forma que pueden llegar a formarse una idea de trabajo científico cercana a la que Latour & Woolgar (1995) describen o al trabajo que recrea Shapin, acerca de la divulgación y creación de fenomenologías en la construcción de conocimiento.

En cuanto a los cuestionamientos hechos por la profesora, es de anotar que la intervención y mediación del docente es importante solo en la medida que cuestiona e indaga por los procedimientos que los estudiantes están siguiendo en de su trabajo, más no una orientación paso a paso de lo que deben hacer. Se explora más riqueza en la medida que los estudiantes sienten valorados sus esfuerzos y sus ideas, y que solo deben ser cambiadas solo si encuentran puntos de divergencia entre lo que observaban y lo que piensan, o por encontrar más acertadas la ideas de otros compañeros, al mismo tiempo que se hace un trabajo de construcción colectiva de ideas.

El fenómeno, como ya se había expuesto en los aportes teóricos, no se encuentra esperando a ser descubierto, por lo tanto, la propuesta pedagógica fue planteada con el objetivo de que los estudiantes fueran dando significado a los procedimientos, observaciones y resultados obtenidos, a partir de un proceso dialógico en el que intervenían tanto sus conocimientos sobre el tema como el planteamiento de sus propias explicaciones ante lo acontecido, todo éste trabajo

conjunto, es lo que dentro de la propuesta se considera la construcción de un fenómeno.

### **5.3 Procesos de medición en la organización de fenómenos**

#### **5.3.1 Clasificación y ordenación como fundamento del proceso de medición**

Con base en los planteamientos de Duhem (2003) y Campbell (1994), se diseñaron actividades cuyo propósito era que los estudiantes pudieran realizar un proceso de identificación de atributos o propiedades dados una serie de objetos dispuestos de tal forma, que por medio de la reflexión, discusión e interacción entre ellos pudiesen establecer diferencias o semejanzas que les permitiera agrupar por clases y discutir de la viabilidad de ser ordenados o no, dependiendo de dicha propiedad.

Tomando en cuenta lo expuesto en las consideraciones teóricas, se asume que cada vez que se realiza una observación de un fenómeno, se está realizando a la par un proceso de identificación de características que permiten definir propiedades o atributos con los cuales se identifica un objeto, es decir una clasificación de propiedades (Romero & Aguilar, 2013).

Para éste trabajo de investigación se considera que la clasificación de propiedades es también un proceso de construcción fenomenológica, que se da mediante la descripción y explicación en torno a la observación y relación empírica con el entorno; por tal razón, se centra la atención en las intervenciones realizadas por los estudiantes, en las cuales se encuentran mayores evidencias de un trabajo conjunto en el que se realizaron descripciones, discusiones y planteamientos durante el proceso de clasificación que se sugirió en el desarrollo de la propuesta.

Al realizar la revisión de las intervenciones de los estudiantes se tuvieron en cuenta aquellos fragmentos en los cuales los estudiantes establecen algunos criterios que les permite definir cuando una característica o propiedad puede ser o no ordenada, la utilización de procedimientos de comparación para el establecimiento de orden entre elementos que comparte una misma propiedad. Las discusiones y explicaciones generadas en el grupo de trabajo en torno al establecimiento de reglas que permitan generalizar los procedimientos seguidos para la ordenación de objetos que comparten una misma característica.

**PROFE:** *Entonces comencemos con este color, ustedes clasificaron por: Azul, amarillo, blanco, rojo, naranja. Bueno, entonces según eso, ¿ustedes los pueden ordenar de mayor a menor?*

**SANTIAGO:** *Si,*



**Foto 7.** Clasificación de bloques lógicos

**PROFE:** *¿Esa clasificación que hicieron?*

**SANTIAGO:** *la figura, porque hay unas más grandes, más pequeñas, otras medianas.*

**SANDRA:** *Si vio, lo que yo dije ahorita.*

**SANTIAGO:** *Por ejemplo vea ésta.*

**WILDER:** *no yo digo que no se puede*

**SANDRA:** *ahh si*

- PROFE: entonces el color, empecemos con la primera. El color.... ¿Puede ser ordenada de mayor a menor?
- WILDER: (hace gestos con la cabeza de que no puede ser ordenado)
- PROFE: WILDER dice que no ¿por qué?
- WILDER: profe porque dice que estamos hablando de los colores, ¿no?
- SANDRA: si
- SONIA: si pero hay varios tipos de colores, acá y si se puede, porque mire ese azul
- WILDER: **pero usted cómo va a decir por ejemplo que el azul es mayor y que el amarillo es menor, eso con qué criterio uno lo hace**

(T. 07/02/14; pág. 18; Cv: I- S.1; Act.1: C&O)<sup>29</sup>

La anotación que hace el estudiante WILDER, resulta de importancia en la medida que él se percata de la necesidad de encontrar un criterio con el cual se pueda establecer si una propiedad puede llegar a ser ordenada o no, es decir, la búsqueda de un patrón de comparación, lo cual se puede evidenciar en las líneas siguientes (negrilla) donde WILDER hace la pregunta de cuál color va primero y porqué, es decir, con que se compara, que patrón de comparación puede permitirlo.

En relación con dicha categoría de análisis, se evidencia en los estudiantes una marcada dificultad en cuanto al reconocimiento de diferencias y semejanzas a la hora de realizar una clasificación, los estudiantes no establecen diferencias entre dos propiedades de los objetos cuando pretenden compararlos para una posible ordenación, sin embargo, el estudiante WILDER, evidencia en sus intervenciones, que ha comprendido el objetivo de la pregunta planteada en la propuesta y se opone constantemente a lo que los compañeros tratan de realizar, argumentando la falta de criterios que les permita realizar una ordenación dada la clasificación hecha por color; resulta ser muy enfático en relación con aclarar siempre que se ha clasificado por color y no por tamaño ni por tipo de figuras, es decir, tiene en cuenta que si se va a realizar una comparación debe ser entre objetos que comparten una misma propiedad, en este caso particular el color.

---

<sup>29</sup> Transcripción 07 de febrero de 2014; pág. 18; Convención I. (todo lo que tiene que ver con consenso en el trabajo, validación de ideas, aprobación o no de ellas) – Sesión 1; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

En sesiones posteriores a esta, se retoma la discusión frente a la posibilidad de ordenar la propiedad del color, aquí los estudiantes dejan entrever que han sido totalmente convencidos de las razones que sobre este aspecto había expuesto WILDER. Se tiene en cuenta esta vez una discusión que se dio después de concluir que la propiedad del color no podría ser medida, y era una observación en cuanto a las tonalidades de cada color, que pueden evidenciarse en la siguiente foto:



**Foto 8.** Clasificación de bloques lógicos

De acuerdo con esto, ellos establecieron que se podía ordenar por tonalidades (del más claro al más oscuro), pero mirando cada color por separado:

- PROFE: Del color qué fue lo que dijimos, se puede ordenar o no se puede ordenar*  
*WILDER: no, no se puede ordenar.*  
*PROFE: ¿por qué?*  
*SANDRA: porque uno no puede decir que el azul es mayor que el rojo o el amarillo es mayor que el azul, noooo eso es como un mismo.....*  
*PROFE: y que era lo que me decían de los azules, solamente*  
*SANDRA: que el azul oscuro, azul claro, y el azul, azul*

SONIA: *o sea si se pueden clasificar (al leer el contexto de ésta explicación que hace la estudiante, se puede evidenciar luego que ella utilizó la palabra clasificar para referirse a la acción de ordenar) pero si es de la misma categoría, pues en general los azules, o sea, se va desvaneciendo el color, pero si vamos a mirar a todos los colores en general, no. Porque no sabemos cuál es mayor, como podemos decir que el rojo es mayor que el azul. Nooo*

(T. 10/02/14; pág. 1; Cv: D - S.2; Act.1: C&O)<sup>30</sup>

Los colores serían asumidos como clases, y dentro de esa clase, los diferentes colores o la propiedad de ser color podría ser ordenada, pero según lo observado por los estudiantes, no podría ordenarse, puesto que no tienen un criterio de comparación que se los permita; sin embargo en un mismo color, asumiendo a éste como clase, si encuentran precisa su ordenación, pero no numéricamente, no una comparación que arroje resultados numéricos sino cualitativos ( Guidoni & Arcà, 1987), conforman escalas de intensidad de color (claro, oscuro, opaco) el color sería entonces una subclase, considerada por los estudiantes.

En el siguiente fragmento se evidencia un aspecto ya mencionado en apartados anteriores, que se relaciona con las fuertes influencias de las concepciones derivadas de la relación con la cotidianidad y la poca reflexión que se realiza en la escuela frente a los instrumentos y sus unidades de medida, por lo cual los estudiantes recurren a mencionarlos en repetidas ocasiones. La profesora cuestiona y obliga a los estudiantes a pensar en otras alternativas para asignar cifras a la variabilidad de la propiedad del grosor de una ficha, forma en como con antelación ya habían clasificado:

PROFE: *y si nos dijeran, por ejemplo, que cuánto vale..... Por ejemplo JUAN, que cuánto vale el grosor de esa amarilla con respecto a la roja.*

JUAN: *¿esto?*

PROFE: *si*

JUAN: *este vale 10 centímetros.*

PROFE: *pero sin utilizar la regla*

JUAN: *ahhh, entonces yo no se*

<sup>30</sup> Transcripción 10 de febrero de 2014; pág. 1; Convención D. (situaciones donde se resaltan procesos de medición, comparaciones) – Sesión 2; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

*PROFE: usted que haría para decir eso.*  
*SANTIAGO: medirlo*  
*JUAN: medirlo*  
*PROFE: recuerden, sin tener reglas, sin tener nada. ¿Qué podrían hacer ustedes?*  
*SANTIAGO: hacer como una especie de, pues, como... suponiendo que ésta mide ¿sí? 2cm y ésta 1cm*  
*PROFE: pero quien nos dice que era 2 cm.*  
*SANTIAGO: no pues suponiendo*  
*PROFE: y si no conociéramos los centímetros ni nada como hacemos para darle un valor a esto.*  
*SONIA: que una está más gruesa y otra más delgada, entonces se compara la más gruesa con la más delgada entonces la más gruesa va a ser mayor porque estamos mirando el grosor.*

(T. 10/02/14; pág. 3; Cv: B - S.2; Act.1: C&O)<sup>31</sup>

Al ser interrogados por sus conclusiones los estudiantes van dando algunas ideas de cómo dar una cifra respecto a la propiedad que se estaba analizando, de esto surgen planteamientos que tienen que ver con las reglas o leyes de la medición, expuestas por Campbell (1994) que se han tenido en cuenta para el diseño de la propuesta como tal, lo que el estudiante menciona en ésta parte tiene relación con el establecimiento de orden, por medio de la comparación, y la búsqueda de un patrón de medida. De ésta forma, la propuesta de intervención, permite éste tipo de reflexiones, en tanto les suscita a los estudiantes dudas, respecto a lo que en ocasiones se considera obvio en la relación con el entorno, en éste caso el ejercicio de comparación y clasificación de propiedades.

Continuando en el mismo fragmento:

*SANTIAGO: pero cuánto, el cuánto es el que vale*  
*SONIA: va a ser mayor el que esté más grueso y el que... va a ser menor el que esté más delgado.*  
*PROFE: y cuantas veces más menor es ese circulito que tiene ahí*  
*SANTIAGO: vea por ejemplo ésta, está dos veces más....*  
*SONIA: ¿ésta? Cuatro veces menor, porque hay tres fichas atrás, pues siiii*

<sup>31</sup> Transcripción 10 de febrero de 2014; pág. 3; Convención B. (Respecto a dar números en las mediciones, ideas sobre el medir, compara, asignación numérica a cantidades o propiedades) – Sesión 2; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

*PROFE: o sea que si juntamos cuatro de esas nos va a dar como resultado la primera azulita que usted tiene*  
*WILDER: síiiii, claro*



**Foto 9.** Proceso de ordenación de bloques lógicos

*SONIA: si de pronto. Si, si*  
*JUAN: puede ser*  
*PROFE: ¿SI?*  
*SONIA: de pronto exactamente? nooo yo creo si, si*  
*PROFE: si da exactamente*  
*JUAN : casi, casi*  
*SANDRA: (dudosa) no, a ver, es que esta....*  
*SANTIAGO: exacta, exacta, exactamente no, pero si queda muy similar, un poquito, tal vez por milímetros*  
*SANDRA: (reafirma) casi, (y señala lo que sobra) un pedacito de nada*  
*SONIA **casi pero no casó***

Lo que SONIA propone, (en negrilla) se asocia a la regla de la adición, suscitada de la cuestión de cómo se puede conformar un objeto más grande de la misma clase de propiedad, haciendo adición de varios objetos, menores de la misma clase; es decir, lo que plantea Campbell como la construcción de “una serie normal por la adición sucesiva de objetos iguales respecto a una propiedad”.

La palabra no casó, al final de la intervención también de SONIA, se utiliza como una forma de mencionar procesos de comparación, es el resultado de una

comparación en la cual interviene el sentido visual como principal actor y vía para la organización de ésta propiedad. Es de resaltar que las fichas con las cuales hicieron la adición, no tienen todas un mismo grosor, pero son de menor grosor que la ficha mayor, es decir, que los estudiantes realizan una operación aditiva, para conseguir un nuevo grosor a partir de varias fichas de menor grosor, una de las características mencionadas por Duhem (2003), que hace referencia a la representación de ésta acción mediante el signo (+), relacionado esto con un postulado aritmético. Lo que no se evidencia en otras partes posteriores a éste fragmento, es que los estudiantes pretendan combinar el orden en el que ponen las fichas o realizar diferentes asociaciones de fichas entre sí, lo que constituiría la definición de la operación y comprobación de que cumplen con la doble propiedad conmutativa y asociativa.

En el siguiente dialogo, y luego de cuestionar qué se puede utilizar para medir en ausencia de los instrumentos que conocen los estudiantes, se empieza a formar la idea de patrón de medida:

*PROFE:* y que... con qué se mide por ejemplo

*JUAN:* con una regla

*PROFE:* tiene que ser con una regla

*JUAN:* no con un metro

*SANTIAGO:* **no profe, porque también podemos con las mismas figuras como hicimos para éste**

*JUAN:* eso con las mismas figuras

*PROFE:* con las mismas figuras?

*SANTIAGO:* **para saber si éste puede llegar a ser igual a éste juntamos cierta cantidad**

*JUAN:* hay muchas formas

(T. 10/02/14; pág. 5; Cv:D y B - S.2; Act.1: C&O)<sup>32</sup>

Se empieza con la búsqueda de patrones de medida, patrones de comparación, que sirven para el proceso de asignación numérica a una propiedad, dado que el

---

<sup>32</sup> Transcripción 10 de febrero de 2014; pág. 5; Convención D y B. (Situaciones donde se resaltan procesos de medición, comparaciones y Respecto a dar números en las mediciones, ideas sobre el medir, compara, asignación numérica a cantidades o propiedades) – Sesión 2; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

material con el que se contaba no permitía realizar el procedimiento que SANTIAGO estaba expresando, la discusión de los estudiantes terminó allí, y concluyeron que se necesitaría varias fichas de un mismo grosor, para determinar la medida de las más grandes. Esto deja en evidencia la idea intuitiva de los estudiantes en cuanto a un patrón de medida, y puede asociarse a lo que Campbell (1994) y Duhem (2003) exponen como ley de la multiplicación, que se debe cumplir en aquellas propiedades susceptibles de extensión, es decir, que puede formarse una más grande a partir de partes menores que tengan todas un mismo tamaño.

El siguiente fragmento se desprende de la reflexión que los estudiantes estaban realizando respecto a lo planteado en la Actividad 1. Clasificación y Ordenación, después de haber realizado la clasificación de las fichas y la organización del cuadro de características

#### **Indicaciones para el desarrollo de la actividad.**

*De acuerdo con las clasificaciones realizadas, determine cuáles pueden ser ordenadas (de mayor a menor; de menor a mayor) y cuáles no pueden serlo. Construye una explicación para cada caso. Para éste caso puede valerse de la tercera columna de la tabla.*

Antes de éste fragmento los estudiantes estaban retomando las diferentes clasificaciones que habían realizado durante las dos sesiones de trabajo, estaban discutiendo de forma general cuáles podrían ser ordenadas y cuáles no. Luego se les indicó que ya debían concretar sus ideas por lo cual la estudiante SONIA toma la palabra y empieza a dirigir la actividad

SANDRA: *el color: no. Por qué.*

SANTIAGO: *por qué? Porque no podemos, pues sí, como comparar a pues saber cuál es mayor entre verde y rojo*

(T. 10/02/14; pág. 7; Cv:D - S.2; Act.1: C&O)<sup>33</sup>

Para el estudiante un criterio clave en la ordenación de una propiedad es la comparación, el no poder comparar entre dos propiedades no permite determinar qué tan mayor o menor sea respecto de otro, es decir, que para él, al comparar se pueden establecer patrones, indicios que pueden dar cuenta de una cantidad o cifra.

Tanto en Duhem (2003) como en Campbell (1994), esta parte mencionada por los estudiantes es clave para la asignación de cifras a una cualidad variable, igual que se comentó en el anterior fragmento, hace parte de la denominada operación de la multiplicación, que fue ampliada en el referente teórico de la investigación.

Al continuar el dialogo se encuentra un aspecto que tiene que ver con la construcción social de conocimiento y la construcción de explicaciones

*JUAN: Pueden colocar de una vez un ejemplo no se puede comparar cuál es mayor si un color verde o rojo*

*SANTIAGO: no se puede-..... si*

*JUAN: y ya si fuera del mismo color, si pues porque si*

*SONIA: pero si fuese de la misma clasificación: sí.*

*SONIA: ejemplo, un azul oscuro, un azul rey y un azul claro*

*SANTIAGO: de oscuro a claro entre el mismo color*

*SANDRA: color...no*

*SONIA: no que, so se puede que*

*SANDRA: porque no se puede comparar. Ejemplo verde- rojo..... no ahí me faltó algo*

*SONIA: no pues, qué, no qué*

*SANTIAGO: el color entre si no se puede, pues si*

*SONIA: no se puede... qué es lo que estamos diciendo? Que no se puede clasificar?*

*SANTIAGO: no se puede de mayor a menor entre los, pues si, entre los colores revueltos*

*SONIA: **por ejemplo si alguien viene y lee eso dice no, pero no qué, osea qué le están preguntando. ... no pueden ser ordenadas porque tatata**(una expresión con la que la estudiante da a entender que se debe continuar redactando la idea.)*

<sup>33</sup> Transcripción 10 de febrero de 2014; pág. 7; Convención D. (Situaciones donde se resaltan procesos de medición, comparaciones) – Sesión 2; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

SANTIAGO: *no pueden ser ordenadas, ya que no sabemos si el rojo o el verde ...*  
JUAN: *es mayor que el amarillo o que el azul*  
SONIA: ***sí para que quede más entendible si alguien viniera a leerlo***  
SANDRA: *no se puede, no puede ser ordenadas ya que no sabemos que el amarillo y el rojo*  
JUAN: *puede ser mayor que el azul y el verde*

(T. 10/02/14; pág. 7; Cv: I- S.2; Act.1: C&O)<sup>34</sup>

Los estudiantes utilizan la idea inicial expresada por SANTIAGO, para continuar con la construcción de la explicación al inicio los estudiantes dudaban de sus conclusiones e ideas, pero poco a poco fueron entendiendo la importancia de su otro compañero en la construcción de las explicaciones, lo que resalta una visión de trabajo en equipo dentro de las actividades de ciencias naturales, una posibilidad para que los estudiantes empiecen a cambiar los paradigmas de una ciencia que ya está hecha y que por su rigurosidad no es posible acercarse de manera tranquila y abierta al conocimiento.

Es interesante encontrar que los estudiantes al construir la explicación solicitada en la actividad, toman en cuenta que alguien es decir otra persona que no está presente en el momento leerá el texto, y por lo tanto debe ser claro y entendible, evocando lo que en el referente teórico se tiene sobre el carácter discursivo de la ciencia, se encuentra aquí un aspecto a resaltar, que tiene que ver con Latour & Woolgar (1995), cuando hacen el relato de la vida en el laboratorio, nos recrean unos científicos que realizan un cuidadoso seguimiento de la escritura con el propósito de publicarlo, ahora bien, los estudiantes se interesan por tener claridad a la hora de explicar, con el fin de que otra persona alguien entienda realmente lo que ellos han construido y entendido.

Además de lo anterior, con éste relato se resalta que la forma de desarrollar la propuesta ha hecho que los estudiante comprendan y le den importancia a sus

---

<sup>34</sup> Transcripción 10 de febrero de 2014; pág. 7; Convención I. (Todo lo que tiene que ver con consenso en el trabajo, validación de ideas, aprobación o no de ellas) – Sesión 2; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

propios procesos de construcción de conocimiento, no para que les sea otorgada una nota, ni por cumplir con la entrega de la actividad, pues ese alguien específicamente no era la profesora, simplemente estaban interesados en expresar de la mejor manera el resultado de sus análisis y trabajo.

En el siguiente dialogo la estudiante SONIA expone vehemente una idea durante la socialización de la Actividad 1 correspondiente a CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN, esta explicación que hace la estudiante, surge pues en medio de la socialización algunos estudiantes retoman varias veces la pregunta: ¿qué se debe hacer para clasificar, fijarse en la diferencias o en las semejanzas?

SONIA: *si, también en ambas, pues uno antes de clasificar antes mira las diferencias y luego mira las semejanzas, entonces las que tengan más y luego ahí si las clasifica*

PROFE: *Y como así que uno primero mira las diferencias y luego las semejanzas, un ejemplo.*

SONIA: *un ejemplo. Con las figuras que estábamos viendo supongamos que estábamos viendo la textura, pues la clase de material que era entonces por ejemplo nosotros mirábamos que de cuales habían entonces las diferencias y ya luego buscábamos las parecidas y ahí si las clasificábamos entonces uno mira ambas*

SONIA: *que cuando uno mira: ahhh ésta está igual, entonces por ejemplo uno coge una que no está igual entonces: ahhh esta no sirve; eso es una diferencia. Entonces uno no puede comparar si uno no mira la diferencia, entonces deben estar como las dos unidas*

(T. 17/02/14; pág. 1; Cv: D - S.3; Act.1: C&O)<sup>35</sup>

Resulta de gran importancia éste fragmento para la investigación, pues la estudiantes trata de concretar una idea, que construyó a partir del desarrollo de la actividad sugerida en la propuesta pedagógica, y dicha idea se encuentra altamente relacionada con uno de los aportes teóricos utilizados en la formulación de preguntas y actividades para la propuesta, se trata del texto: Guardare per sistemi, guardare per variabili, de Guidoni & Arcá (1987), en el subcapítulo:

---

<sup>35</sup> Transcripción 17 de febrero de 2014; pág. 1; Convención D. (Situaciones donde se resaltan procesos de medición, comparaciones) – Sesión 3; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

Características para Clasificar y Variables para ordenar ,donde se expone lo siguiente:

“poner de relieve, de hacer emerger de un fondo, las semejanzas para reagrupar juntos objetos, fenómenos y sistemas, reconociendo un mismo sistema o una misma característica; o bien capaces de poner de relieve, de hacer emerger las diferencias para distinguir y separar objetos, fenómenos y sistemas, reconociéndolos como caracterizados por esquemas diversos.”

De acuerdo con lo propuesto para el desarrollo de las actividades los estudiantes no tenían que leer el texto, pero dichas actividades como tal se basaban en éstos supuestos, por lo cual fue de gran acierto que se llegará a construir dicha idea, solo a partir del desarrollo de la actividad por parte del grupo de estudiantes.

Continuando con esta actividad, los estudiantes empiezan una discusión en torno a la siguiente orientación:

### **Preguntas Orientadoras para la Discusión:**

*De acuerdo con los procedimientos seguidos durante la actividad, con cuál de las afirmaciones estaría de acuerdo y por qué: “Para ordenar una colección de objetos, es necesario clasificar primero y luego ordenar de acuerdo a cada clasificación hecha” “Clasificar es lo mismo que ordenar, se realiza un mismo proceso” “La clasificación de una colección de objetos, puede realizarse luego de haberlos ordenado”*

Cuando los estudiantes empiezan a dar sus razones frente a los acuerdos y desacuerdos, surgen diversas discusiones entre las cuales se encuentra lo detallado en el siguiente fragmento:

PROFE: y en cambio por qué el grosor sí, ¿para ustedes el grosor se puede medir?  
VARIOS: sí, claro...  
PROFE: y por qué se puede medir el grosor  
SANTIAGO: porque sabemos que hay uno más ancho que otro.  
PROFE: y cómo sabemos que hay uno más ancho que otro  
VARIOS: comparando  
WILDER: Visualizando  
JUAN: midiendo  
PROFE: bueno entonces medir qué sería, los colores ustedes me dijeron que no se pueden medir...  
JUAN: **medir en sí es una comparación**  
PROFE: bueno entonces, al terminar todo esto, ordenar y clasificar es lo mismo?  
VARIOS: nooo  
PROFE: qué se hace primero  
VARIOS: clasificar y luego ordenar  
PROFE: y que es medir  
VARIOS : comparar

(T. 17/02/14; pág. 5 y 7; Cv: D - S.3; Act.1: C&O)<sup>36</sup>

Aunque durante la discusión no se llegó a ninguna conclusión referente a la asignación de cifras a las propiedades, los estudiantes estuvieron un poco más seguros en las respuestas dadas, ante los cuestionamientos realizados por la profesora de manera rápida ante el diálogo que estaban sosteniendo, es importante la conclusión a la que llega JUAN (resaltada en negrilla), pues dado el procedimiento que los estudiantes siguieron para llegar a concluir esto, se relaciona en gran medida con lo que tanto Duhem (2003) como Campbell (1994) detallan en sus ejemplos (Duhem con las longitudes, y Campbell con el peso):

En ambos se puede encontrar la aseveración de que un objeto de cualquier cualidad que sea extensible, es decir, que puede ser conformado a la vez por otros objetos de la misma cualidad más pequeña, se le puede otorgar una cifra, tomando como patrón de medida, ese objeto pequeño del que se hizo mención. Se habla aquí de reglas aditivas, que permiten establecer si una cualidad es medible o no, además se hace alusión a la operación que ambos definen como multiplicación, para eliminar la arbitrariedad en la asignación de cifras. (Remitirse

---

<sup>36</sup> Transcripción 17 de febrero de 2014; pág. 5 y 7; Convención D. (Situaciones donde se resaltan procesos de medición, comparaciones) – Sesión 3; Actividad 1: Clasificación y Ordenación.

al capítulo, del referente teórico de ésta investigación, en el cual se aborda el tema ampliamente)

Si se recuerda, en anteriores fragmentos considerados para ésta categoría, los estudiantes ya habían hablado acerca del grosor de las fichas, y habían indicado una acción comparativa para poder determinar, al menos en un sentido cualitativo, cuánto podría ser el anchor de una de las fichas más gruesas, comparándola con otras fichas menos gruesas, por lo tanto, se podría afirmar que la conclusión a la que llega JUAN tiene que ver con dicho episodio.

Aunque los estudiantes no estén remitiéndose textualmente a las propuestas hechas por Duhem y Campbell, de forma intuitiva, están planteando lo que ellos exponen como reglas o leyes para los procesos de medición, a partir de la comparación entre dos cualidades de la misma clase.

Algunas de las anteriores discusiones, fueron la base para el desarrollo de actividades posteriores, que tenían que ver con actividades relativas al fenómeno térmico, en las cuales se evidencia más apropiación por parte de los estudiantes, en cuanto al expresar sus ideas, poner en consideración de todos los compañeros situaciones y ejemplos dentro de las explicaciones dadas a las observaciones y resultados obtenidos.

*PROFE: esta otra parte dice: Realizar un análisis a partir de una experiencia con los termómetros construidos y lo discutido en actividades anteriores a su construcción y calibración. Tome los termómetros construidos y póngalos en interacción con una cantidad de líquido determinada por el grupo de trabajo (que esté a un grado de calor mayor que el de los termómetros), luego realice una tabla donde se consignen los resultados obtenidos en relación con las escalas construidas para cada uno de ellos, en la cual se diferencie el termómetro utilizado.*

- ✓ *¿Qué significado tiene para el grupo de trabajo éstos datos?*
- ✓ *¿Cuál de los termómetros es el más adecuado para llevar a cabo éste tipo de procedimientos?*

La profesora hace una variación de las condiciones de la actividad frente a los estudiantes y es construir las cantidades de agua a grados de calor diferente, ante ésta opción la estudiante SONIA, da una idea sobre los colores de los vasos

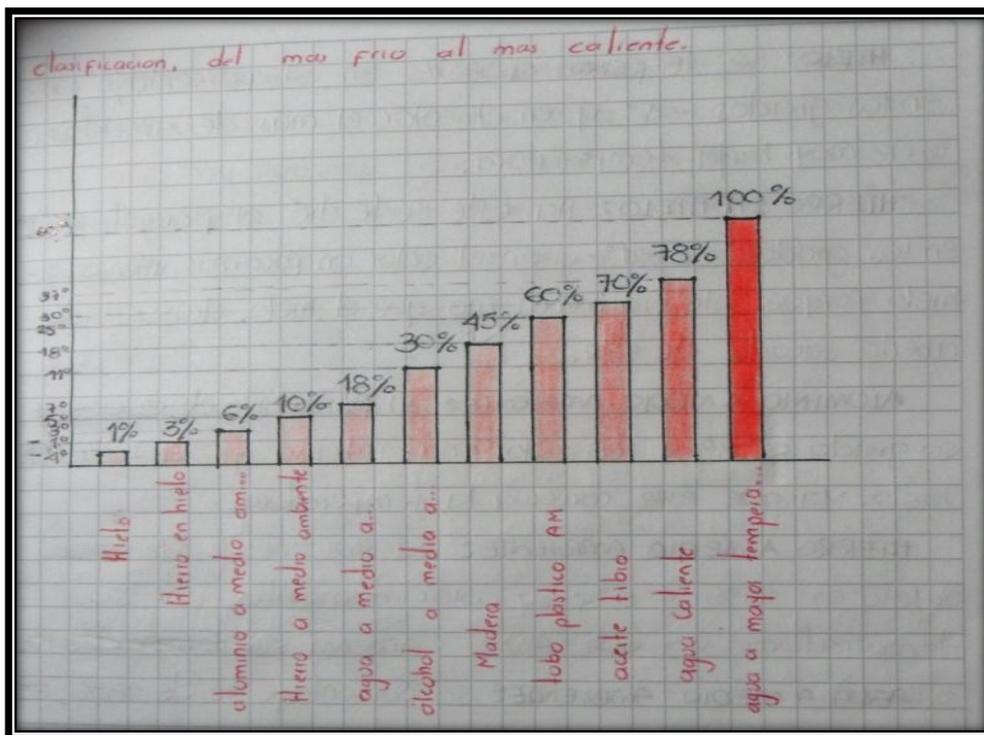
SONIA: *pero ponga la más caliente en la roja y la más fría en la blanca, por el color del vaso, si para saber ¿no? Caliente, tibia y fría*

SANTIAGO: *yo les propongo algo, vamos es a buscar de cada termómetro, ¿cierto? Hay que hacer por separado o todas en una, diferentes*

SONIA: *¿cómo vamos a hacer esas tablas? Pregunto*

(T. 28/03/14; pág. 9 y 10. Cv. I - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>37</sup>

En ésta parte se hace una evocación a lo que ellos habían trabajado, en el desarrollo de la Actividad 2: Los Sentidos en los Procesos de Clasificación de Magnitudes., donde se les pedía a los estudiantes representar el grado de calor de diferentes líquidos, por medio de barras, rayas o colores.



**Grafica 3.** Construcción realizada por los estudiantes

<sup>37</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 9 y 10; Convención I (Todo lo que tiene que ver con consenso en el trabajo, validación de ideas, aprobación o no de ellas) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

Es interesante resaltar, como la estudiante SONIA retoma nuevamente las ideas que habían surgido en ésta actividad, por ejemplo, antes de dibujar las barras con diferentes intensidades del color rojo, los estudiantes también habían considerado la posibilidad de dibujar colores asociados al grado de calor. Esto es lo que tienen en cuenta en esta ocasión, donde cuentan con vasos de colores diferentes, como se muestra en el siguiente registro fotográfico:



**Foto 10.** Mediciones con escalas termométricas construidas

Los estudiantes ordenaron los vasos con agua de acuerdo con el color del vaso, así pues dentro del vaso rojo colocaron una cantidad de agua recién hervida, en el vaso de color beige colocaron cantidad de agua “tibia”: mezcla de agua recién hervida y agua de canilla, en el vaso blanco agua de canilla y en el vaso azul colocaron agua con hielo.

De acuerdo con la construcción que hicieron de la tabla que se les pedía en la actividad, ellos asumieron la organización de los vasos, como la construcción de una escala de diferentes grados de calor, de tal forma que para cada termómetro

iban colocando en ése mismo orden (de lo más “caliente” a lo más “frío”) los registros que obtenían al contacto con cada líquido.

Otro aspecto que se resalta en éste fragmento, es la forma que los estudiantes adquirieron durante el desarrollo de la propuesta de realizar las actividades experimentales, pues eran ellos los que proponían procedimientos la mayor parte del tiempo dando importancia a sus descripciones, teniendo en cuenta tanto los resultados cuantitativos que podrían llegar a tener como las consideraciones de tipo cualitativo que realizan para la organización de la información.

### 5.3.2. Construcción de escalas de medición en torno al fenómeno del calor

El siguiente dialogo es resultado de la discusión que los estudiantes tenían, en relación con la construcción de las escalas de los termómetros construidos, a partir del proceso que ellos habían efectuado antes de ésta actividad:

**JUAN:** (interrumpe la conversación de todos) *no se profe, no podría haber un termómetro de hielo, que antes con el calor bajara*

**PROFE:** *un termómetro que antes con el calor bajara*

**SANTIAGO:** *y si lo ponemos volteado (tubo capilar hacia abajo, bulbo arriba)*

*Risas de todos frente a la situación planteada*

**PROFE:** *pensemos a ver*

**SANTIAGO:** *depende del líquido*

**SONIA:** *osea que fuese al contrario el frío hacia arriba y el calor hacia abajo, o como dice santi, que volteáramos el termómetro.... Hacerle los grados al revés*

**PROFE:** *pero igual estaría haciendo la misma....*

**JUAN:** *sería lo mismo*

**PROFE:** *el lo que quiere decir es que si hubiera calor y que se contrajera el agua*

**JUAN:** *eso*

**VARIOS:** *ahhhhh*

**SANTIAGO:** *por ejemplo usted le pone los grados al revés entonces por ejemplo si está haciendo mucho calor y eso menos cero punto por ahí y con un calor que uno ni se lo aguanta....*

**SONIA:** *no porque es que ya sabemos que por ejemplo, ya asociamos que por ejemplo estamos a cero grados uno ya asocia a que es muy frio, entonces*

*por ejemplo imagínense uno ahhh es que estamos a cero grados con un calor, entonces jummm pues.... Noooo...*

**SANTIAGO:** *por ejemplo los grados serían algo así*

**SONIA:** *Si sería como un desorden, ya que desde siempre, desde la cotidianidad es así*

(T. 28/03/14; pág. 5. Cv. K - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>38</sup>

Ésta parte en la que los estudiantes discuten la propuesta alternativa de un instrumento que funcionase al contrario, utilizan como argumento en especial, el hecho de la costumbre de asociación de calor con números mayores, pero nadie se refiere al hecho de la contracción o dilatación del líquido del termómetro, es decir, lo que en realidad el compañero JUAN planteó fue un proceso físico contrario. SONIA utiliza como argumento fuerte el hecho de que cotidianamente ya se han construido unos parámetros, unos consensos que son difíciles de desmontar, y que por lo tanto ya están totalmente arraigados en nuestro lenguaje u cultural. Esto es interesante, pues da cuenta del conocimiento como una construcción cultural.

Así pues, para la construcción de las escalas de medición de los termómetros que los estudiantes calibraron, ellos tuvieron en cuenta la forma como usualmente se encuentran los termómetros en la cotidianidad, incluso utilizaron cifras similares, discutiendo en torno a si debía ser 100 o 200 el máximo punto, que tipo de divisiones debía tener, pero siempre basándose en lo que ellos previamente conocían.

En éste fragmento siguiente puede notarse parte de éste tipo de discusiones:

**TATI:** *entonces cómo lo hacemos?*

**SONIA:** *no sigamos haciéndolo así, y **signa extendiendo un poco más para arriba***

**TATI:** *y para que para arriba si solamente llegó hasta esto.*

---

<sup>38</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 5; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

- SONIA: *pero es que esto puede seguir **midiendo** más temperatura, osea esto solamente **midió**. Lo del agua*
- SANDRA: *lo del agua*
- SONIA: *lo del agua, pero yo creo que tiene más capacidad para medir mas, **temperaturas más calientes**, porque es que no es lo más caliente que puede haber, hay cosas mucho más calientes*
- SONIA: *éste sube mucho ¿no?, entonces puede medir mucho. Mire que este subió más poquito entonces tiene menos capacidad de medir temperatura, si me hago entender*

(T. 11/03/14; pág. 13 y 14. Cv. D - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>39</sup>

Cuando las estudiantes discuten acerca de la expresión que se encuentra subrayada en negrilla, se refieren a la indicación que se les había dado para la actividad, la cual consistía en encontrar un método que permitiera ubicar un punto máximo y un punto mínimo en el termómetro, para lo cual ellos plantearon utilizar el hielo y la parrilla eléctrica para hervir agua y poder introducir allí el termómetro. El grupo de estudiantes que interactúan en el trabajo, discute entonces cual debe ser el punto máximo, al recordar la discusión del fragmento anterior, se entiende que las estudiantes hallan elegido hervir el agua, pues consideran que ésta hierve a los 100 grados, que es el punto máximo usual que se encuentra en los termómetros. Sin embargo, es de resaltar la consideración que SONIA tiene en cuenta, pues aunque esa marcada influencia de lo que cotidianamente conocen se cuestiona, e incluso, se podría tomar también como una influencia sobre la intuición de que existan puntos más altos respecto al grado de calor.

Es interesante notar, cómo luego la estudiante SONIA, menciona la palabra “midió”, utilizada sin reflexionar acerca de su significado, en relación con las actividades que se habían desarrollado anteriormente, donde se habían utilizado las fichas y se había realizado un proceso de clasificación, comparación, y donde finalmente se trató de hacer un acercamiento a los significados de medir y comparar. Esta palabra utilizada aquí, da a entender cómo los estudiantes siguen

---

<sup>39</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 13 y 14 ; Convención D (Situaciones donde se resaltan procesos de medición, comparaciones) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

aún muy permeados de los conceptos comunes de medición, lo cual se supone es dar un resultado numérico, pero que dicho resultado es independiente del instrumento como tal.

Se nota un pequeño avance con relación a la expresión medir más, temperaturas más calientes, aquí se halla el juego de palabras entre temperatura y caliente, sin embargo, parece que la estudiante le quita la connotación de caliente a temperatura, que al principio ellos tenían, al menos ya hablar de temperatura no únicamente es hablar de caliente como lo habían planteado al inicio de las actividades de la propuesta.

Más adelante, continuando con la misma actividad, los estudiantes se encuentran ante la dificultad de construir las escalas de medida a los termómetros ya que cada uno tenía líquidos diferentes:

SONIA: *mire que estas mismas medidas, son estas mismas, pero como son diferente líquido algunas tienen la capacidad de medir mas y otras la capacidad de medir menos*

(T. 11/03/14; pág. 16. Cv. L - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>40</sup>

Es comprensible la dificultad presentada por las estudiantes, cuando trataban de explicarse cómo dos líquidos diferentes que habían sido sometidos o más bien comparados con la misma cantidad de agua en el mismo estado de ebullición, podrían presentar diferentes lecturas al ascender por el tubo capilar, aunque se están poniendo en comparación líquidos, éstos presentan características de densidad y composición diferentes, por lo cual serán afectados de forma diferente, sin embargo es un proceso de comparación. Es importante resaltar cómo las estudiantes cuestionan dichos resultados, y tratan de darles una explicación

---

<sup>40</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 16; Convención L (Ideas relacionadas con el material y con la cantidad de las sustancias puestas en interacción) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

coherente con sus construcciones conceptuales, de tal forma que no entren en contradicción unas con otras.

En las siguientes actividades realizadas después del ejercicio de calibración, los estudiantes retoman nuevamente las ideas expuestas, y son reiterativas en las construcciones conceptuales que han conformado:

*SONIA: nooo es que hay temperaturas más altas y temperaturas más bajas*

*JUAN: y hay diferentes termómetros*

*SANTIAGO: y depende también del material y de lo que pueda tener el termómetro (hace el gesto con sus manos del bulbo de los termómetros con los que se están trabajando)*

(T. 28/03/14; pág. 1. Cv.L - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>41</sup>

El contexto en el que se desarrolla éste fragmento es un espacio que se abre para que los estudiantes expongan el procedimiento que ellos siguieron en la construcción de escalas de temperatura. Ante el cuestionamiento del por qué se utiliza como máximo registro de temperatura el 100 grados en los termómetros convencionales, ellos discuten, pues en la propia construcción del termómetro consideraron otras cifras diferentes. Aunque al construir dichas escalas no tuvieron en cuenta la forma como dichos líquidos ascendían por el termómetro, ni el tipo de reacción frente a la comparación con diferentes grados de calor, sí cuestionaron al final el dato que correspondía a lo mínimo y a lo máximo, y las distancias o diferencias de longitud presentadas entre estos dos extremos, para la marcación de las cantidades que serían luego el insumo de información sobre la temperatura de un objeto. En esta parte y luego de una discusión por el dato del extremo final del termómetro el cual era ochenta, surge entonces una respuesta y es que cada termómetro tendrá valores diferentes debido a su composición física, es decir, al líquido que éste contenga. Esta conclusión puede ser debido a que

---

<sup>41</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 1; Convención L (Ideas relacionadas con el material y con la cantidad de las sustancias puestas en interacción) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

observaron cómo los diferentes termómetros fueron sometidos al mismo grado de calor, y bajo las mismas condiciones, pero con resultados diferentes y comportamientos diferentes, esto porque todos en su interior estaban provistos de diferentes líquidos.

**SONIA:** *si calcula, entonces por ejemplo uno subía más que otro, pero tomamos como referencia también el líquido, puede que el termómetro lo sometamos a la misma temperatura pero qué pasa: un líquido puede.... Como son diferentes líquidos uno puede ebulir más que el otro, entonces el que ebulle más rápido tiene menos capacidad de medición y el que ebulle más lento quiere decir que soporta más altas temperaturas y tiene más capacidad de medir, entonces por ejemplo, son las mismas escalas pero el uno tiene más números o sea que tiene más capacidad de medir que el otro porque se demoraba más para....*

**PROFE:** *se demoraba más para ebulir, era más lento, a pesar de que la temperatura del agua era la misma*

(T. 28/03/14; pág. 3. Cv.L - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>42</sup>

Liderados por SONIA, los estudiantes otorgaron mayor significado el hecho de que cada termómetro al estar construido de diferentes tipos de líquidos, iban a presentar características diferentes de acuerdo con las propiedades de cada uno de ellos, al compararse con otros termómetros a diferentes grados de calor. Esto se ha convertido para los estudiantes en una base que les permitió realizar justificaciones frente a las diferencias presentadas en la construcción de escalas de temperatura.

El siguiente fragmento es extraído de la transcripción de una actividad realizada al iniciar el desarrollo de la propuesta, los estudiantes, la cual es retomada ya en las actividades de calibración de los termómetros:

**WILDER:** *meter agua en la nevera*

**PROFE:** *para qué*

**SANTIAGO** *para que se enfríe*

<sup>42</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 3; Convención L (Ideas relacionadas con el material y con la cantidad de las sustancias puestas en interacción) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

SANDRA: *para que se congele*  
SONIA: *porque está líquida entonces como está a una temperatura **muy, muy, muy, muy bajita** se congela*  
TATI: *entonces llega a estado sólido*

(T. 21/02/14; pág. 2; Cv: K - S.5; Act.3: CHCC)<sup>43</sup>

Esta relación que hace de la temperatura “BAJITA” se puede ver reflejada luego en otros comentarios que la estudiante realiza con relación a temperaturas bajas, y la asociación de escalas de temperatura que realizan en el equipo al que ella corresponde, las cuales ubican las temperaturas frías por debajo del cero que ellas llaman temperatura del ambiente.

Esa conclusión, es retomada en el siguiente fragmento que hace parte de una de las últimas actividades:

PROFE: *¿y ese tiene que ser el punto más bajo?*  
SONIA: *(toma el termómetro que tenía en las manos SANDRA y empieza a hablar con más propiedad) no porque también hubiese podido ser ese (señala el termómetro donde tenían marcado el punto bajo de temperatura) entonces nosotros tomamos como **el punto más bajo** éste ya que ni subía, ni.. pues no bajaba de acá, entonces tendría que someterse de pronto a una temperatura más baja para poder que bajara, entonces ese ya es como para medir el frío, y de acá (vuelve a señalar el punto que tiene el termómetro marcado como el más bajo registrado en agua con hielo) **hacia arriba para medir el calor. Entonces tomamos el punto cero acá, de acá hacía abajo los grados bajos y hacia arriba los grados más altos.** Y éste (señala el otro termómetro) *si empieza desde abajo, ya que éste baja totalmente.**

(T. 28/03/14; pág. 3. Cv. H - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Transcripción 21 de febrero de 2014; pág. 2; Convención K. (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 5; Actividad 3: Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento.

<sup>44</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 3; Convención H (Construcción de explicaciones) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.



**Foto 11.** Socialización de la construcción de escalas termométricas

Al transcurrir del desarrollo de la propuesta pedagógica, los estudiantes van entendiendo la importancia de expresar sus justificaciones en relación con las decisiones y procedimientos hechos durante la actividad experimental, cada vez se apropian más de sus participaciones y de sus conclusiones, utilizan el lenguaje que han ido refinando, y construyen validez a sus construcciones a partir de las exposiciones y las preguntas que de allí surgen, las cuales tienden a responderse entre sí, con la intención de encontrar un punto de convergencia frente a las múltiples posibilidades de interpretación que de ellos surgen.

Cabe resaltar también, como éste tipo de propuestas en cuanto a la actividad experimental, potencializan el trabajo en grupo, evidenciando de ésta forma que el trabajo científico, como lo expone Shapin (2000), no es un trabajo individual sino colectivo, que se nutre en relación con las ideas y aportes que dentro de una comunidad surgen, como alternativas y posibilidades distintas a las que se tuvieron en cuenta inicialmente. Latour & Woolgar (1995), también nos proveen una imagen de trabajo científico, donde la unión de todos en relación con la construcción de un hechos, es de gran importancia para las conclusiones o enunciados finales que componen la teoría.

Las siguientes son muestras de las escalas termométricas construidas por los estudiantes, y que fueron motivo de reflexión, expuestas en los anteriores fragmentos:

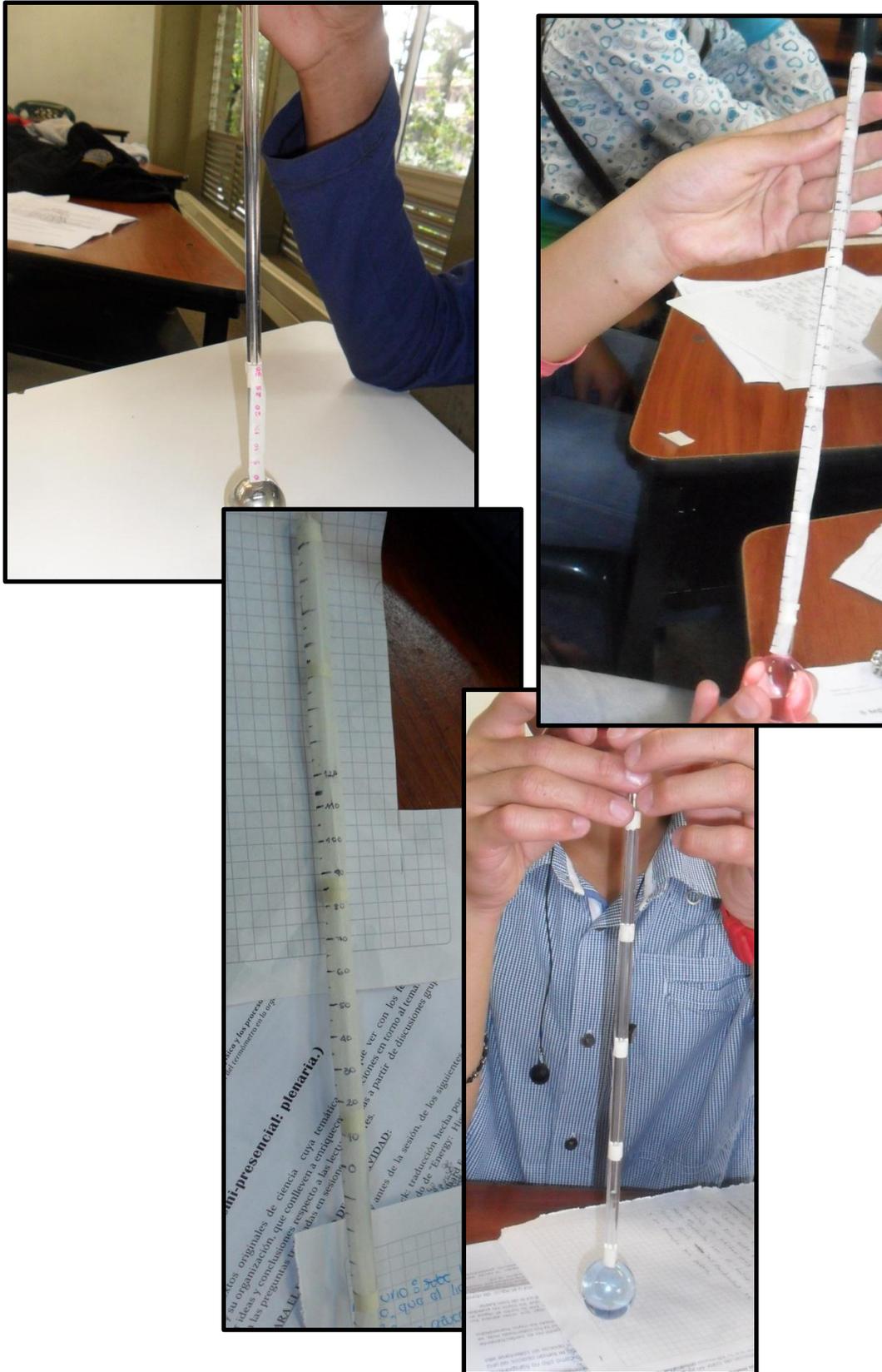


Foto 12. Escalas termométricas construidas por los estudiantes

En el siguiente fragmento se hace una consideración acerca de la temperatura como una propiedad que se encuentra dentro de un objeto sólido o líquido:

PROFE: *cámbienle el grado de calor a esa cuchara*  
SONIA: *caliente o frío*  
WILDER: *como usted quiera*  
PROFE: *cámbienle el grado de calor*

SONIA, *echa la cuchara en la cubeta con agua hervida*

PROFE: *cómo era el grado de calor de esa cuchara antes*  
TATI: *temperatura ambiente*  
SONIA: *no más bien fría,*  
SANTIAGO: *fría, pero en temperatura ambiente*  
SONIA: *temperatura ambiente porque como eso es un metálico o un aluminio tiende a estar muy frío. **Esa es la temperatura de ella** al ambiente, pues de ese tipo de....*  
SANTIAGO: *de objeto...*  
SONIA: *si de objeto*  
WILDER: ***o sea la temperatura de ella***

(T. 21/02/14; pág. 2; Cv: K - S.5; Act.3: CHCC)<sup>45</sup>

Esto permite interpretar que la visión que tienen los estudiantes de temperatura difiere con las concepciones construidas acerca de la energía, o la medida de la velocidad promedio de partículas, que comúnmente se encuentra en la literatura escolar de ciencias naturales física. Se podría considerar en éste fragmento, una asociación con los significados que Joseph Black, expone sobre los grados de calor, como aquella idea que se refiere a la afección que provocan los objetos a su alrededor en los sentidos.

Para la investigación este tipo de aseveraciones, hechas por los estudiantes, “**temperatura de ella**”, que son de gran importancia en el proceso de constitución de una idea, no se considera conveniente considerarlas como erradas o aceptadas, pues de acuerdo con la propuesta pedagógica debe ser la forma como

<sup>45</sup> Transcripción 21 de febrero de 2014; pág. 2; Convención K. (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 5; Actividad 3: Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento.

se orienten las actividades la que permita llegar a los estudiantes a construcciones más completas sobre la temática y más significativas dentro de su proceso de aprendizaje.

El siguiente fragmento, contiene un diálogo de la profesora con los estudiantes, donde antes de iniciar la actividad para calibrar los termómetros, empieza a formularle preguntas a los estudiante, tratando de hacer un resumen hasta el momento de lo que se había trabajado, sin embargo surge una nueva idea:

*PROFE: y por ejemplo dos cosas que están al mismo grado de calor si se ponen en contacto ¿suben el grado de calor?*  
*WILDER: queda con el mismo, porque no hay una que tenga mayor grado que otra*  
*PROFE: entonces para alterar el grado de calor que debe suceder cuando se ponen en contacto*  
*WILDER: que tengan diferente grado de calor*  
*PROFE: y quién se afectaría más*  
*WILDER: **la que tiene mayor, le toca regalarle a la que tiene menor,***  
*JUAN: compartirla*

(T. 11/03/14; pág. 1. Cv. K - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>46</sup>

Las palabras utilizadas por los estudiantes dan a entender que tienen la concepción de que los objetos sólidos o líquidos cambian su grado de calor debido a una transferencia, expresada en términos de pérdida y de ganancia.

Se trae a colación las ideas expuestas por Joseph Black en el texto: Calor Específico, Calor Latente.

Nosotros encontramos que cuando todas las acciones mutuas terminaban, un termómetro aplicado a cualquiera de los cuerpos, adquiriría el mismo grado de expansión, es decir, la temperatura de todos ellos era la misma y el equilibrio era universal. (...) Nosotros debemos adoptar como una de las

<sup>46</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 1; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

leyes más generales del calor que todos los cuerpos en contacto libremente unos con otros y expuestos, no desigualmente a acciones externas, adquieren la misma temperatura, como la indica EL TERMÓMETRO.

Se considera importante resaltar que expresiones como las subrayadas en el anterior fragmento son muy frecuentes durante la aplicación de la propuesta, en especial las últimas actividades, dichas expresiones tienen muchas similitudes y relaciones con los dos textos analizados de Joseph Black, para la construcción de las actividades. No podría asegurarse que los estudiantes han conseguido un grado alto de comprensión de tales ideas, sin embargo, llama la atención el hecho que para sus descripciones y explicaciones recurran a ejemplos y formas de expresar sus ideas, utilizando expresiones y palabras similares a Joseph Black.

Otra relación encontrada dentro del desarrollo de la propuesta tiene que ver con el siguiente fragmento

SANDRA: *el mercurio subió, no pero suben más bueno <sup>47</sup>los otros*  
SONIA: *sube más el agua con azúcar que todos los otros*  
WILDER: *o sea que el agua con alcohol y el azúcar tienen mayor grado de...*  
SONIA: *ebullición*  
WILDER: *no, mayor grado de calor que los otros*  
SANDRA: *no, no, no, pero está subiendo más el del alcohol que el del agua con azúcar*  
WILDER: *por eso, el que suba más es porque tiene mayor grado de calor*

---

<sup>47</sup> De acuerdo al contexto en el que se da esta palabra hace referencia a que “suba” más rápido.



**Foto 13.** Calibración de los termómetros. Instalaciones de la U de A

**SANTIAGO:** *éste es agua con alcohol*

**TATI:** *agua con alcohol y va perdiendo más su color azul (toma apuntes de éstos datos)*

**SANDRA:** *(saca el termómetro de mercurio lo observa y expresa su apreciación) el mercurio se demora mucho, el que más se demora con el agua caliente es el mercurio*

**WILDER:** ***ese es el que tiene menos grado de calor entonces***

**SANDRA:** *y el que baja más rápido con el hielo es el mercurio (esto lo dice en forma de interrogante a su compañero WILDER, quien ya no contesta)*

(T. 11/03/14; pág. 5. Cv. K - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>48</sup>

Es importante revisar ésta idea de WILDER, pues desde un inicio, ha estado tratando de concretar una idea, respecto a la energía, la temperatura y el uso de la frase, grado de calor. Cada que interviene, WILDER expresa ideas que pueden estar en consonancia con lo expuesto por Joseph Black en sus ensayos. Se remite en varias ocasiones con expresiones que dan a entender que cada objeto

<sup>48</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 5; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

sólido o líquido, posee como característica propia, un calor o una temperatura. Además de que dichos objetos pueden compartir energía, robar o ceder como lo ha manifestado antes.

En éste mismo fragmento WILDER realiza la siguiente expresión: “**ese es el que tiene menos grado de calor entonces**”; con esta expresión, se puede deducir como WILDER le ha dado aún más validez a su idea de calor como una propiedad que se encuentra dentro de los objetos, a partir de las diferentes observaciones hechas en grupo, convirtiéndolas así en un hecho que se convierte en un sustento sólido para sus explicaciones y medio por el cual puede convencer de forma más radical a sus demás compañeros, respecto a lo que ha defendido durante toda la actividad.

Continuando con el análisis relativo a las ideas de calor-temperatura, el siguiente fragmento se extrae del inicio de la actividad realizada para construir las escalas de temperatura. Debido a que los estudiantes estaban un poco distraídos por el espacio, pues se encontraban en las instalaciones de la Universidad de Antioquia, no empezaban formalmente a realizar la actividad, por lo cual la profesora tomó la iniciativa de empezar a conversar con ellos y formularles algunas preguntas para activar su interés.

Antes de la respuesta que SONIA da, se había puesto en consideración, lo que sucede con el líquido confinado en el bulbo del instrumento. No habían observado aun lo que sucede cuando lo introducían en el hielo y luego al tomarlo en la mano.

**PROFE:** entonces para qué será ésta coca con agua que se debe poner en el fogón y ésta con hielo  
**SONIA:** para mirar los extremos de la temperatura ¿no?, para mirar como **a qué temperatura se puede salir el líquido que hay aquí adentro**

(T. 11/03/14; pág. 2. Cv. K - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>49</sup>

Es interesante que la estudiante llegara esta conclusión, solo con una mera observación del instrumento, es decir, que empieza a realizar asociaciones con las ideas que se construyen desde el ámbito cotidiano, por la relación con el medio ambiente, además al leer la expresión que está subrayada en negrilla, se puede encontrar un elemento muy importante que se tiene en cuenta a la hora de construir las escalas y las posteriores sesiones, que tiene que ver con el líquido que tiene el termómetro, hablar de que el líquido salga del termómetro, es un indicio de “dilatación” en los objetos y líquidos debida al contacto de éstos con otros sistemas de mayor o menor grado de calor.. (ya de esto se había hablado más ampliamente al inicio del análisis de ésta categoría)

En adelante se trae a colación algunos fragmentos que tienen que ver con la idea de la dilatación de líquidos y la relación con el grado de calor:

**JUAN:** profe, si ve, éste **lo volví a subir otra vez** (un termómetro que tenía en la mano), vea hasta donde lo subí ya  
**SANDRA:** pero en el hielo se baja  
**JUAN:** y métele al hielo otra vez y vea cómo se baja  
**WILDER:** **pues eso se sabe, el hielo le roba toda la energía y todo el calor**  
**PROFE:** el hielo le roba qué?  
**WILDEER:** todo el calor  
**SONIA:** lo inactiva ¿no? El hielo lo inactiva (esto lo dice la estudiante refiriéndose a los termómetros que se encuentran en el recipiente con hielo, ante la necesidad de explicar lo que están observando)  
**PROFE:** inactiva qué  
**SONIA:** el líquido, pues no permite que suba  
**WILDER:** no permite que se junten entre las partículas

<sup>49</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 2; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

**PROFE:** *Lo inactiva, no permite que suba. WILDER qué es lo que estás diciendo? Que no permite que las partículas que*

**SANTIAGO:** *pero que del frío no pueden.... (el estudiante hace señas de cómo sería el movimiento de las partículas que componen el líquido) en cambio con el calor si*

**WILDER:** **con el calor todos se dispersan**

(T. 11/03/14; pág. 4. Cv. K - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>50</sup>

Cuando JUAN expresa que: "...lo volví a subir otra vez", habla de subir, con relación al líquido que estaba dentro el tubo, con ésta expresión, el estudiante se refiere a traspasar "calor" como antes ya lo habían expresado, le asigna una propiedad a sus manos, que le permiten alterar el estado de un objeto líquido, al entrar en contacto con éste. Al continuar con el fragmento se encuentra una expresión, la que esta resaltada con negrilla, en la cual se puede deducir que el estudiante realiza una distinción entre energía y calor, sin embargo, en aportes anteriores se había referido al termino de energía como una manifestación del calor. Aún los estudiantes utilizan indistintamente todos éstos términos, sin hacer conceptualización de ellos.

Finalmente se encuentra que entre todos se realiza la construcción de indicios, que permiten dar cuenta del calor, es decir los efectos de éste, en éste momento en términos de alteración del estado de las partículas que componen los líquidos, con los cuales está construido el termómetro.

Al revisar el siguiente fragmento se pueden realizar dos observaciones interesantes:

**PROFE:** *JUAN Carlos mencionó ahorita una cosa, que hasta aquí donde tu señalaste, hasta ahí subía la temperatura, entonces qué subió hasta ahí ¿la temperatura?*

**SANTIAGO:** *noooo*

---

<sup>50</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 4; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

*SANTIAGO: el líquido subió hasta acá*  
*PROFE: por qué subió hasta ahí el líquido?*  
*JUAN: por el calor*

(T. 28/03/14; pág. 2. Cv. K - S.7; Act.5: RC&CI)<sup>51</sup>

Inicialmente se puede concluir que para los estudiantes hay una distinción entre temperatura y calor, prevalece la idea de calor como una entidad que “roba” o “cede” y que por tal motivo se dan cambios en la estructura de los líquidos que se están sometiendo a interacción con el agua hervida o con el hielo. Lo otro es como las reflexiones realizadas frente a la construcción de dicho instrumento, permite el hecho de que los estudiantes puedan vislumbrar que una propiedad no se mide directamente, sino que se hace a través de indicios que hablan de un camino debido a una interacción o comparación entre dos propiedades de la misma naturaleza.

Se recordará que en apartados anteriores, se hizo alusión a la forma como los estudiantes empezaron a construir escalas de medida a los termómetros, sometiendo el termómetro a dos sustancias que se encontraban a distintos grados de calor: uno con hielo y otra en una parrilla hirviendo, se quiere traer a colación el siguiente fragmento, pues sugiere tener una relación con los anteriores fragmentos, los cuales fueron extraídos de sesiones posteriores a donde pertenece el siguiente:

*SANDRA: en cambio este cero es acá, éste está, digamos que el agua está a noventa grados, cierto, y éste de cero que empezó, subió hasta acá, hasta cientoquince grados, y éste subió hasta acá, entonces... de aquí hasta acá tiene que tener cientoquince grados*  
*TATI: y ahí después hay que darle una explicación, de porque éste sube más que éste. Por qué, porque son de diferente contenido, tienen diferente cosa, que puede sorber más calor que otra*

(T. 11/03/14; pág. 13 y 14. Cv. K - S.6; Act.5: CT&CE)<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> Transcripción 28 de marzo de 2014; pág. 2; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 7; Actividad 5: Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro.

Tatiana continúa con su idea de calor como algo que puede ser ganado o perdido y que se transmite de un cuerpo al otro. Sin embargo cuando se refiere tantas veces a medir temperatura no se hace una distinción entre ésta y el calor, aunque las separa. Medir temperatura para Tatiana depende de cuánto asciende el líquido por el tubo capilar.

---

<sup>52</sup> Transcripción 11 de marzo de 2014; pág. 13 y 14; Convención K (Todo aquello a lo que los estudiantes se refieren sobre conceptos y relaciones entre temperatura y calor) – Sesión 6; Actividad 5: Calibración de Termómetros y Construcción de Escalas.

## 6. POTENCIALIDADES DE LA PROPUESTA Y PERSPECTIVAS DE TRABAJO

Realizando una valoración general del proceso de investigación, se pueden encontrar algunas contribuciones que ayudan a favorecer el proceso de construcción de conocimiento de los estudiantes, en colaboración con sus pares académicos y el profesor como orientador.

Algunas de dichas contribuciones tienen que ver en particular con la visión de Actividad Experimental que en dicha investigación se acogió:

- Se supera la visión de la actividad experimental, en la que usualmente se centra la atención en las cifras que se le asignan a determinadas propiedades, y al asunto solo de precisión, técnicas de medida y adecuado manejo de instrumentos, donde se fija la atención en los resultados numéricos. Con el desarrollo de la propuesta pedagógica diseñada para ésta investigación, se pudo evidenciar como los estudiantes tuvieron la posibilidad de realizar reflexiones acerca de los datos numéricos obtenidos y de construir sus propias explicaciones en torno a resultados y procedimientos, que ya a su vez cuentan con una importante carga teórica y conceptual. (Romero & Rodríguez, 2005; Ayala, 2008)
- La importancia de la exactitud en las mediciones dentro del desarrollo de una actividad experimental, pasó a segundo plano, cuando los estudiantes empezaron a resaltar los espacios de reflexión y discusión en torno al desarrollo de las actividades concernientes a la construcción de las magnitudes, en búsqueda de razones y explicaciones para otorgar mayor significado a sus procedimientos. Todos éstos procesos de medición y construcción de magnitudes, posibilitó una formalización de la explicación en torno a un fenómeno o un hecho (Ayala, 2011).

- Los estudiantes, durante el desarrollo de las actividades experimentales propuestas, se centraron en encontrar las causas que provocan un fenómeno y a su vez de comprenderlo, para tal fin recurrían a evocar experiencias vividas (Arcà, et al., 1990) que estaban en correlación con la práctica y relacionadas con la actividad en desarrollo.

Respecto al instrumento de medida, los estudiantes adoptaron una posición crítica frente a los procedimientos realizados, en cuanto a las consideraciones tenidas en cuenta en la calibración del termómetro. Esto se reflejó en los espacios de reflexión abiertos, donde se compartieron dichas consideraciones, centrando su atención en aspectos que tenían que ver con el material del cual disponían en el momento de la actividad experimental, las observaciones realizadas durante toda la actividad, el cuestionamiento sobre el tipo de líquidos utilizados y las diferentes formas de adecuación de las escalas.

En cuanto al favorecimiento de espacios discursivos en la construcción de conocimiento científico, los estudiantes avanzaron de manera positiva durante el desarrollo de la propuesta, de tal forma, que muchas de las formas de proceder en la toma de decisiones y la forma de asumir roles dentro del equipo de trabajo, se tornaban un poco semejantes, a lo descrito por autores como Shapin (1991) y Latour & Woolgar (1995), en lo que tiene que ver con el trabajo científico visto desde perspectivas que resaltan aspectos sociológicos y culturales de la ciencia.

Así pues, se logró superar en términos generales, la pasividad del estudiante en cuanto al desarrollo de actividades académicas relacionadas con las ciencias, específicamente con la física. Es importante resaltar, que los estudiantes a medida que fueron adquiriendo confianza en sí mismos y en su equipo de trabajo, utilizaron de forma más segura sus conocimientos, realizando importantes aportes frente a las actividades propuestas, además, se empezó a gestar en ellos una

actitud de más respeto e interés por las intervenciones propias y de los demás compañeros.

Las siguientes son algunas de las actitudes de los estudiantes que se pudieron vislumbrar durante el desarrollo de la implementación de la propuesta, y que son considerados dentro de la investigación como una potencialidad en cuanto a la modificación de la actitud habitual de los estudiantes en clase de física:

- Pocas veces daban por terminada una discusión, por lo general siempre veían la necesidad de retomar lo que ya habían construido a fin de complementar o corregir las anteriores ideas o conclusiones, de acuerdo a los procedimientos seguidos durante todo el desarrollo de la propuesta.
- Sin mencionarlo explícitamente en las indicaciones de las actividades, los estudiantes buscaban generalmente, relacionar una actividad con otra, buscar siempre el hilo de conexión entre todos los procedimientos seguidos y conectarlos en la búsqueda de complementación a sus justificaciones y explicaciones.
- En el desarrollo de las actividades se podía evidenciar un marcado énfasis en las discusiones, aclaraciones y preguntas entre los estudiantes que cuestionan los procedimientos hechos o tratan de ampliar las ideas frente a las observaciones realizadas.
- La disposición de la propuesta pedagógica, tenía la intención de cambiar el paradigma que impera en las aulas de clase en cuanto a la experimentación, por lo cual las actividades estaban orientadas de tal forma que buscaba en los estudiantes una actitud proactiva frente a los procesos sugeridos. Al principio a los estudiantes les costaba mucho desligarse de las indicaciones que pudieran recibir del profesor, sin embargo, al avanzar en el desarrollo de la

propuesta se pudo notar un gran cambio en la forma como los estudiantes escribían, corregían o mejoraban sus respuestas, a partir de las discusiones entre ellos o a las observaciones hechas, utilizando ejemplos y aclaraciones que tenían que ver con los procedimientos realizados en la actividad experimental y las conclusiones a las que se llegan al respecto.

- Una de las actitudes que más llamó la atención en el análisis de los datos contruidos para la investigación, fue el hecho de encontrar que los estudiantes se iban esforzando cada vez más por convencer a los demás de sus ideas respecto a las preguntas formuladas durante las actividades experimentales, por tal razón buscaban dar explicaciones que surgían a partir de la necesidad de justificar los procedimientos realizados y dar mayor credibilidad a lo que se defendía.

Como perspectivas de trabajo, se considera que dicha investigación puede continuar profundizando aún más, en aspectos concernientes al proceso de medición, si bien se ahondó en los análisis respecto al tema, realizados para los referentes teóricos de la investigación, faltó desarrollar de forma más extensa dichos procesos con los estudiantes, hasta llegar a tener la posibilidad de vislumbrar el grado de apropiación de éstos respecto al tema.

Finalmente, otro aspecto que debe ahondarse en el desarrollo de la propuesta, es una reflexión más extensa en cuanto a temas de corte disciplinar que tienen que ver con la concepción de calor, temperatura y energía, que fueron abordados de manera superficial durante las actividades, y que valdría la pena construir más detalladamente con los estudiantes a fin de poder obtener información que dé cuenta de un proceso de construcción de conocimiento en torno a dicha temática.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Andrés, M., Pesa, M. & Meneses, J. (2008). Efectividad de un laboratorio guiado por el modelo de aprendizaje matlaf para el desarrollo conceptual asociado a tareas experimentales [Versión Electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 343-358.
2. Arcà, M., Guidoni, p. & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar Ciencia. Cómo Empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona, España: Ediciones Paidós.
3. Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Proposições*, 17(1), 19-35.
4. Ayala, M.M., Garzón, M. & Malagón; J.F. (2008). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. En: M. M. Ayala et al. (Eds), *Los procesos de formalización y la organización de los fenómenos físicos: el caso de los fenómenos mecánicos* (17-32).Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
5. Ayala, M.M., Malagón, J.F. & Sandoval, S. (2011). Construcción de magnitudes y organización de fenomenologías. Una propuesta para la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias. En J.F. Malagón et al. (Eds), *El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes* (13-36). Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
6. Black, J. (1963). Calor específico, calor latente, del vapor y la vaporización (J.F. Malagón, trad). En W.F. Magie (Ed). *A source in physics*. Cambridge: Harvard University Press. (Trabajo original publicado en 1803).

7. Black, J.(1975) The Nature of Heat (A.E. Romero & M.M. Ayala, Trads). En B. Lindsay (Ed). *Energy: Historical Development of the concept* (190-203). Pensylvania: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. (Trabajo original publicado en 1807)
8. Campbell, N. (1994). Medición. En Newman, J. (ed). *Sigma: El mundo de las matemáticas*, tomo 5. Barcelona: Ediciones Grijalbo.
9. Chalmers, A (2000). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo XXI de España Editores.
10. Cisterna C, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. [Versión Electrónica] *Theoria*, 14 (1), 61-71.
11. Concari, S. (2001). Las teorías y modelos de la explicación científica: implicaciones para la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*, 7(1), 85-94.
12. Duhem, P. (2003). *La Teoría Física. Su Objeto y su Estructura* (M.P. Irazazábal, Trads.) Barcelona: Herder Editorial (Trabajo original publicado en 1914).
13. Eder, M.L. & Adúriz-Bravo, A. (2008). La Explicación en las Ciencias Naturales y en su Enseñanza: Aproximaciones Epistemológica y Didáctica. [Versión Electrónica]. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 101-133.
14. Euler, L. (1760). Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía. Carta (138) a carta (154). Edición preparada por Carlos Mínguez Pérez. Universidad de Zaragoza (1990).

15. Ferreirós, J. & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. [Versión Electrónica] *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86.
16. Fleck, L. (1986). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. (L. Meana, Trads.) Madrid: Alianza Editorial (Trabajo original publicado en 1935).
17. García, E. (2011). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. [Versión Electrónica] *Praxis Filosófica*, (31), 7-24.
18. García, E. (2011). Modelos de explicación, basados en prácticas experimentales. Aportes de la filosofía historicista. [Versión Electrónica] *Revista Científica*, (14), 89-96.
19. Gil, D. & Valdés, P. (1995). Contra la distinción clásica entre teoría, prácticas experimentales y resolución de problemas: el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo. [Versión Electrónica] *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (9), 3-25.
20. Gil, D. & Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. [Versión Electrónica] *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.
21. Gómez, A. A. (2006). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 85-92.
22. Guidoni, P. & Arcá, M. (1987). *Guardare per sistemi, guardare per variabili*. Turín: Emme Edizioni.
23. Hacking, I. (1996). *Representar e Intervenir* (S. Martínez, Trads.) México: Ediciones Paidós Ibérica (Trabajo original publicado en 1983).

24. Henao, B. & Stipcich M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 47- 62.
25. Hermsillo Marina, S. (2009, septiembre 9). El Laboratorio Escolar: reflejo del concepto de ciencia que manejan los docentes. Psicoapoyo escolar. México: Proyecto de apoyo para niños y adolescentes patrocinado por la Asociación Mexicana de Alternativas en Psicología (AMAPSI). Recuperado en febrero de 2012 de [http://psicoapoyoescolar.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=27](http://psicoapoyoescolar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=27) el-laboratorioescolar-reflejo-del-concepto-de-ciencia-que-manejan-los-docentes&catid=1:psicologos-yespecialistas&Itemid=6.
26. Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. [Versión Electrónica] *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
27. Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), 299-313.
28. Iglesias, M. (2004). El giro hacia la práctica en filosofía de la ciencia: una nueva perspectiva de la actividad experimental. [Versión Electrónica] *Opción*, 20 (44), 98-119.
29. Izquierdo, M., Sanmartí, N. & Espineth, M. (1999). Fundamentación y Diseños de las Prácticas Escolares de Ciencias Experimentales [Versión Electrónica]. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.

30. Jiménez, M. & Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Investigación Didáctica*, 21(3), 359-370.
31. Kuhn, T. S. (1969). Posdata. En T. S. Kuhn (Ed), *La estructura de las revoluciones científicas* (268-319). México: Fondo de cultura económica.
32. Latour, B., & Woolgar, S. (1995). *Un Antropólogo Visita El Laboratorio. La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
33. Leitão, S. (2012). O trabalho com argumentação em ambientes de ensino-aprendizagem: um desafio persistente. Brasil. Ponencia presentada en el marco del II Congreso sobre Divulgación Científica. Medellín.
34. Magie, W.F. (1963). *A Source Book in Physics*. Cambridge: Harvard University Press.
35. Malagón, F., Ayala, M. & Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis Filosófica Nueva serie*, (36), 119-138.
36. Malagón, J.F., Ayala, M.M. & Sandoval, S.(2011). Construcción de magnitudes: el caso de los fenómenos térmicos. En J.F. Malagón et al. (Eds), *El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes* (39-51). Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
37. Martins, R. (2007). Philosophy in the physics laboratory: Measurement theory versus operationalism. Recuperado el 3 febrero de 2014, del Sitio Web del Group of History and Theory of Science, State University of Campinas

(Unicamp), Brazil: <http://www.ghct.usp.br/server/pdf/ram-IHSPT-measurement.PDF>.

38. Medina, J. & Tarazona, M. (2011). El caso de la medición del potencial eléctrico: un ejemplo de recontextualización de saberes. En J.F. Malagón et al. (Eds), *El experimento en el aula: comprensión de fenomenologías y construcción de magnitudes* (69-93). Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
39. Newton, I. (1963). Heat (M.M. Ayala, trad). En W.F. Magie (Ed). *A source in physics*. Cambridge: Harvard University Press. (Trabajo original publicado en 1701)
40. Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas de análisis de contenido [Versión Electrónica]. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), 1-42.
41. Restrepo, B. (2004). La investigación-acción educativa y la construcción de saber pedagógico [Versión Electrónica]. *Educación y educadores*, 7, 45-55.
42. Restrepo, C., Guzmán, J.F. & Romero, A.E. (2013). La experimentación cualitativa y exploratoria como escenario de procesos argumentativos en la enseñanza de las ciencias. A.E. Romero, et al. (Eds), *La argumentación en la clase de ciencias* (131-163). Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Educación.
43. Rodríguez, L. D. (2008). De la mecánica racional a la termodinámica general o energética: La física de Pierre Duhem. En: M. M. Ayala, et al. (Eds), *Los procesos de formalización y la organización de los fenómenos físicos: el caso de los fenómenos mecánicos* (57-69). Bogotá: Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.

44. Romero, A. E. (2013). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias. A.E. Romero, et al. (Eds), *La argumentación en la clase de ciencias* (71-98). Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Educación.
45. Romero, A.E. & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
46. Romero, A.E. & Rodríguez, O.L.(2005). El concepto de Magnitud como fundamento del proceso de Medición. La cuantificación de los estados de movimiento y sus cambios. *Revista Educación y Pedagogía*, 17(43), 127-140.
47. Sánchez, S. (1998). *Fundamentos para la investigación educativa: presupuestos epistemológicos que orientan al investigador*. Bogotá: Cooperativa editorial magisterio.
48. Sandín, M.P. (2003). Tradiciones en la investigación Cualitativa. En M. P. Sandín. (Ed), *Investigación cualitativa en Educación. Fundamentos y tradiciones* (141-183). Madrid: Mc Graw and Hill Interamericana de España.
49. Shapin, S. (1991). Una bomba circunstancial. La tecnología literaria de Boyle. Tomado de *La scientetellequ'elle se fait*, Michel Callon y Bruno Latour (editores), La découverte, París. Traductor: Germán Pineda. Revisión de Jorge Charum. Universidad Nacional, Santafé de Bogotá, 1995.
50. Shapin, S. (2000). *La revolución científica*. (J. Romo, Trads.) Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica (Trabajo original publicado en 1996)

51. Solis, C. (1981). *Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn*. Barcelona: Ediciones Paidós.
52. Stake, R. E. (1998). *Investigación con Estudio de Casos*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.
53. Steinle, F (1997). Entering New Fields: Exploratory uses of Experimentation [Versión Electrónica]. *Philosophy of Science*, 64, 65-74.
54. Velasco, M.(1998). Experimentación y descubrimiento: algunas reflexiones desde la epistemología de la experimentación [Versión Electrónica]. *Revista Episteme (Porto Alegre)*, 3(6), 137-143.

## ANEXOS

### Anexo 1. Protocolo ético.



Departamento de Educación Avanzada  
Maestría en Educación  
Línea Educación en Ciencias Naturales

#### PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN <sup>1</sup>

Nombre de la Investigación:

*La Actividad Experimental en la clase de física y los procesos de construcción de conocimiento. El rol del termómetro en la organización de los fenómenos térmicos.*

Investigador: Yaneth Liliana Giraldo Suárez

Presento ante ustedes mi compromiso ético. Entiendo como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de este trabajo, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la educación en ciencias en los contextos de los casos elegidos para este estudio, así como contribuir con cuestiones teóricas y metodológicas a la línea de investigación titulada: La experimentación y los procesos de formación de profesores de ciencias naturales, la cual se realiza en conjunto entre la Universidad de Antioquia y la Universidad del Valle.

El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes, para su valoración.

Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan al investigador para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, foros de discusión, observaciones, etc.; se constituyan en bases de datos para dicha investigación. Al respecto, se solicita también a los firmantes de este documento anotar, algunas recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes en relación con la autorización que otorgan al investigador.

\_\_\_\_\_  
FIRMA ACUDIENTE

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL DOCENTE

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL ESTUDIANTE

Recomendaciones o Sugerencias:

## **Anexo 2. Propuesta Pedagógica.**

# **PRESENTACIÓN PROPUESTA PEDAGÓGICA**

El desarrollo de ésta propuesta de intervención de aula se realiza desde la perspectiva de trabajos de investigación del grupo ECCE. El proyecto hace parte de los desarrollos y productos de la investigación titulada: La experimentación y los procesos de formación de profesores de ciencias naturales, la cual se realiza en conjunto entre la Universidad de Antioquia y la Universidad del Valle.

La propuesta de intervención tiene como propósito implementar diseños de actividades experimentales, que fomenten en los estudiantes la elaboración de explicaciones surgidas a partir del trabajo en grupo, discusiones y puestas en común en torno a la reflexión orientada alrededor de la construcción de escalas de medición de un termómetro.

Durante la intervención de investigación, se privilegia la orientación a los estudiantes, para la utilización de procesos discursivos dentro del desarrollo de las actividades experimentales, que privilegie espacios de reflexión, no solo de los resultados numéricos, sino también, de los procesos de medición llevados a cabo, del uso del instrumento, de su construcción y de los factores que intervienen en el diseño y desarrollo de las actividades propuestas.

En ésta investigación se asume la actividad experimental como un elemento de reflexión en si mismo y exploración de riqueza conceptual; que trasciende el sentido verificador o de demostración de conceptos llevados al aula de ciencias. Así también en la medida que la actividad experimental sea una actividad reflexiva y exploratoria permite ser desarrollada de tal forma, que se enriquezcan los procesos de construcción de conocimiento en el aula.

Por otra parte, las actividades experimentales contenidas en la propuesta, buscan fortalecer la concepción de medición, orientadas de tal forma que se asuma como un proceso que incluye acciones de clasificación de propiedades, identificación de variables y criterios de ordenación, además de constituirse como el medio por el cual se construye la idea de la magnitud de temperatura, y se le dé un sentido crítico a las construcciones de las escalas de medida del termómetro y de la asignación numérica hecha a éstas, a partir de la representaciones escritas y gráficas suscitada por los diálogos y reflexiones generadas en el grupo de trabajo.

## **DISEÑO DE PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

### **GENERALIDADES DE LA PROPUESTA**

Dentro del desarrollo de la investigación, se privilegia la orientación a los estudiantes, para la utilización de procesos discursivos dentro del desarrollo de las actividades experimentales, donde se resaltan aspectos que trascienden la visión verificadora y recetaría común en el ámbito educativo (Hodson, 1994; García, 2011, Iglesias, 2001), para privilegiar espacios de reflexión, no solo de los resultados numéricos derivados de la medición, sino también, de los procesos de

medición llevados a cabo, del uso del instrumento, de su construcción y de los factores que intervienen para el diseño de las actividades mismas, respecto a la construcción de un concepto.

La propuesta se lleva a cabo por sesiones de trabajo, en cada parte se realizan actividades experimentales: las cuales también incluirían algunas veces actividades previas de indagación de ideas; plenarias, actividades que se realizarán antes de las sesiones y discusiones. A continuación se presenta algunas orientaciones para el trabajo de los estudiantes en cada una de estas actividades:

### ✓ **Actividades Experimentales**

El propósito es generar reflexiones sobre el proceso de la construcción de una magnitud física, basados en observaciones y descripciones de cualidades de los objetos y líquidos sometidos a cambios térmicos, que conlleve a la necesidad de analizar y construir un instrumento de medida.

Los estudiantes tendrán la posibilidad de realizar variaciones a los montajes, de las decisiones que tome el grupo de trabajo, debe quedar constancia escrita y justificada, además en cada actividad, ellos deberán registrar algunos datos y realizar observaciones, de las cuales también deben dejar registros escritos donde se contemplen sus inferencias, relaciones, explicaciones dadas a lo observado y discusiones generadas en el grupo.

Los estudiantes diseñarán sus propias estrategias para la organización de los resultados obtenidos, de la construcción de sus explicaciones, inferencias y conclusiones. En el grupo de estudiantes se asumirán distintos roles, por lo cual ellos deben dejar constancia de la organización de su grupo de trabajo. A las constancias escritas de las sesiones se les llamará protocolo de trabajo.

Al finalizar cada Actividad Experimental, se hará una plenaria, para exponga los procedimientos seguidos, los resultados obtenidos y las explicaciones dadas, con el propósito de generar y orientar una discusión entre los estudiantes, que tenga como finalidad la construcción de nuevas explicaciones o justificación frente a los cuestionamientos hechos.

#### ○ *Actividades de Indagación de Ideas*

El propósito de estas actividades es apreciar lo que los estudiantes conciben acerca de situaciones que tienen que ver con la sensación de calor y frío y qué tipo de justificaciones utilizan para construir explicaciones que les permite expresar sus conocimientos acerca del tema.

A los estudiantes se les entregará preguntas, que permitan indagar acerca de las concepciones que éstos tengan acerca de un tema en particular incitándolos a dar respuestas dentro de un marco de justificación y a la creación de situaciones en las que se puedan apoyar para dar explicaciones a los cuestionamientos hechos.

### ✓ **Plenarias**

Durante éstas actividades los estudiantes, tendrán la posibilidad de exponer el contenido de sus reflexiones en torno a la construcción de sus explicaciones sobre las situaciones planteadas. Con éste tipo de actividades se pretende resaltar el carácter socio-cultural del conocimiento científico, y como la posibilidad del consenso y debate en un grupo de trabajo, puede ampliar o reforzar las concepciones y formas de entender el entorno en el que se está trabajando.

✓ **Actividades Preparatorias**

Con la finalidad de una mejor preparación y uso adecuado del tiempo de encuentro con los estudiantes, algunas actividades serán propuestas para que los estudiantes las realicen con anterioridad a algunas sesiones. Dichas actividades, serán aquellas que no requieran del acompañamiento efectivo del docente.



1 8 0 3

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN**



**ACTIVIDAD 1**  
**Clasificación y Ordenación**

**PROPÓSITO:**

Sostener un diálogo grupal a partir de las reflexiones generadas en torno a la actividad de clasificación y ordenación de propiedades, como parte inicial del proceso de medición.

**MATERIALES:**

Colección de bloques lógicos, polígonos.

**INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:**

- a. Determine formas posibles de clasificar la colección de sólidos, que se encuentran en las mesas de trabajo. Describe los criterios que se tuvieron en cuenta para dicha clasificación. Para esto puede valerse de las dos primeras columnas de la tabla.

CLASIFICACIÓN DADA POR:	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CLASIFICADOS	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA ORDENACIÓN
BLOQUES LÓGICOS		
	1 8 0 3	

- b. De acuerdo con las clasificaciones realizadas, determine cuáles pueden ser ordenadas (de mayor a menor; de menor a mayor) y cuáles no pueden serlo. Construye una explicación para cada caso. Para éste caso puede valerse de la tercera columna de la tabla.

**PREGUNTAS ORIENTADORAS PARA LA DISCUSIÓN:**

Las siguientes preguntas servirán para orientar la discusión grupal en torno a los procedimientos hechos, las conclusiones y explicaciones construidas a partir de la reflexión entre pares.

- ✓ Cuando se va a realizar la clasificación de una colección de objetos, se debe centrar la atención, ¿en las diferencias o en las semejanzas? ¿Por qué?
- ✓ De acuerdo a las descripciones del procedimiento para la ordenación hechas durante la actividad, ¿qué criterios generales se podría establecer para ordenar una colección de objetos?

- ✓ De acuerdo a los procedimientos seguidos durante la actividad, con cuál de las afirmaciones estaría de acuerdo y por qué: “Para ordenar una colección de objetos, es necesario clasificar primero y luego ordenar de acuerdo a cada clasificación hecha” “Clasificar es lo mismo que ordenar, se realiza un mismo proceso” “La clasificación de una colección de objetos, puede realizarse luego de haberlos ordenado”
- ✓ ¿Qué condiciones debe satisfacer una propiedad de un objeto para que sea medible?
- ✓ Si se pidiera un instrumento para realizar una ordenación de una colección de objetos, ¿qué criterios se deben tener en cuenta para su diseño y construcción?



1 8 0 3

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN



**ACTIVIDAD 2**  
**Los Sentidos en los Procesos de Clasificación de Magnitudes.**

**Primera parte. (Presencial: construcción de explicaciones)**

**PROPÓSITO:**

Construir explicaciones a cuestionamientos relacionados con eventos cotidianos, que hacen referencia al grado de calor.

**INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:**

Lea las siguientes preguntas, dirija entre los compañeros una discusión, frente a las posibles soluciones y reflexiones que pueden suscitar las situaciones planteadas y construya una explicación escrita a cada una de ellas.

1. En ocasiones, cuando se consumen bebidas calientes, se encuentran diferentes reacciones, entre las cuales es común escuchar a dos personas hablar de lo “muy caliente” o “apenas tibia”, refiriéndose a la misma bebida. ¿cómo podrán establecerse criterios para asegurar que un objeto o líquido es más caliente que otro?
2. Recree en su mente la imagen de una alcoba, en la cual podemos encontrar varios objetos de diferentes materiales. Describa un método que permita la ordenación de dichos objetos, de menos caliente a más caliente. Represente la clasificación gráficamente.
3. En un día caluroso la grama de un potrero parece menos “caliente” que las piedras del camino, ¿cómo se explica esto si están en el mismo lugar y bajo la misma influencia solar?

**Segunda parte. (Presencial: ordenación de eventos cotidianos con relación al grado de calor.)**

**PROPÓSITO:**

Ordenar y clasificar propiedades relacionadas con los fenómenos térmicos a través de la utilización de los sentidos.

**MATERIALES:**

Una lámina de aluminio, una tabla de madera, un tubo de hierro, un tronco de plástico, agua recién hervida, agua al ambiente, aceite “tibio”, tiner.

**INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:**

Luego de discutir y responder las preguntas de la sesión anterior, diríjase a las mesas de trabajo para realizar la actividad sugerida:

Ordene de menor a mayor o mayor a menor los diferentes sólidos y líquidos, de acuerdo a su grado de calor. (Una lámina de aluminio al medio ambiente, una tabla de madera al medio ambiente, un tubo de hierro (tubo t) expuesto a una cubeta con hielo, un tubo de hierro de 50 cm al medio ambiente, un tronco de plástico al medio ambiente, un litro de agua recién hervida, un vaso de agua al ambiente, aceite “tibio”, un pocillo de tiner)

- ✓ Realizar una descripción de la experiencia, donde se evidencie que criterios tuvieron en cuenta para la ordenación de los sólidos y líquidos, que incluya a la vez análisis y discusiones desarrolladas dentro del grupo de trabajo, a partir de éste proceso.
- ✓ De acuerdo a la ordenación que realizaste de los líquidos y sólidos según el grado de calor, realiza una representación gráfica de esta ordenación utilizando por ejemplo; líneas de distinta longitud, barras, colores, entre otros. Sin importar qué alternativa se utilice, se debe realizar una justificación acerca del tamaño o colores utilizados.
- ✓ Asignar un valor numérico a las anteriores representaciones, presentado las razones por las cuales se tomaron las decisiones al respecto.



1 8 0 3

## UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

### FACULTAD DE EDUCACIÓN



## ACTIVIDAD 3

### Cotidianidad como Parte Histórica de la Construcción de Conocimiento

#### Primera parte. (Presencial: construcción de explicaciones)

##### PROPÓSITO:

Construir una explicación que dé respuesta a las preguntas planteadas recurriendo a sucesos o eventos conocidos en la cotidianidad, o que puedan ser objeto de consulta por parte de los integrantes del grupo de trabajo.

##### INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:

Lea las siguientes preguntas entre todos los integrantes del grupo, de tal forma que se genere una discusión, a partir de posibles soluciones, explicaciones o estrategias de búsqueda de información. Encontrará en las mesas de trabajo diferentes materiales y utensilios (Parrilla eléctrica, recipiente térmico, placas de aluminio, clavos de acero, mechero, velas, encendedores, cubetas con agua, hielo), los cuales podrán ser usados como apoyo para la construcción de explicaciones que se darán a las preguntas planteadas. Dejar por escrito todas las discusiones, forma de utilización de los materiales y proceso en la construcción de explicaciones.

##### PREGUNTAS

- ✓ ¿Qué tipo de acciones pueden alterar el grado de calor de un objeto o un líquido?
- ✓ ¿Qué hace que un objeto o líquido pueda calentarse o enfriarse?
- ✓ ¿De qué formas puede calentarse o enfriarse un objeto?
- ✓ ¿En qué tipo de situaciones y bajo que parámetros puede un objeto calentar a otro?
- ✓ ¿Qué condiciones deben establecerse para que una bebida permanezca caliente el mayor tiempo posible? Piensa qué mecanismos se podría construir para tal fin y describe las características que deben tener los materiales empleados.
- ✓ La siguiente pregunta fue planteada por Joseph Black en uno de sus escritos acerca del calor: ¿dónde están los orígenes del calor y el frío? Luego de leerla comente con sus compañeros las posibles explicaciones que pueden plantearse para dar respuesta a dicha pregunta.

#### Segunda parte. (Semi-presencial: plenaria.)

##### PROPÓSITO:

- Interpretar textos originales de ciencia cuya temática tiene que ver con los fenómenos térmicos y su organización, que conlleven a enriquecer explicaciones en torno al tema.
- Construir ideas y conclusiones respecto a las lecturas hechas a partir de discusiones grupales, en torno a las preguntas trabajadas en sesiones anteriores.

### **INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:**

- a. Realice la lectura en forma individual y antes de la sesión, de los siguientes fragmentos de textos:
  - ☞ El Calor En General; de Joseph Black: traducción hecha por el Dr. Ángel Romero y María Mercedes Ayala, del texto tomado de “Energy: Historical Development of the Concept”
  - ☞ Cartas a una Princesa de Alemania; de Leonhard Euler. Carta XV: De los cambios que el calor y el frío producen en la atmósfera. Carta XVI: Por qué se experimenta en todas partes y en todas las estaciones el mismo frío, cuando se sube a las montañas más altas como cuando se desciende a las cuevas más profundas.
- b. La lectura propuesta con anterioridad tiene como fin ofrecer la posibilidad de ampliar las respuestas dadas a los cuestionamientos anteriores, mediante el diálogo con sus demás compañeros a partir de los elementos sustraídos de la lectura. Por ésta razón podrá acceder nuevamente a las respuestas dadas en la sesión anterior, y antes de organizarse para la exposición y plenaria, realizar los ajustes que considere pertinentes, a la luz de los elementos que la lectura le haya aportado, para la construcción de sus explicaciones.



#### **EL CALOR EN GENERAL Joseph Black**

“Toda persona que reflexione sobre las ideas que asociamos a la palabra calor percibirá que esta palabra es usada con dos significados o para expresar dos cosas diferentes: o significa una sensación excitada en nuestros órganos; o una cierta cualidad, afección o condición de los cuerpos a nuestro alrededor que provoca en nosotros esa sensación.

Para tratar el calor y sus efectos, propongo usar la palabra únicamente en este segundo sentido, es decir, expresando ese estado, condición o cualidad de la materia que provoca en nosotros la sensación de calor.

Los cuerpos calientes en contacto o en la vecindad de cuerpos fríos no pueden estar sin transmitir a éstos una parte de su calor.

Así el calor es perpetuamente transmisible de cuerpos calientes a los cuerpos fríos que los rodean, y además pasa de uno a otro y penetra toda clase de materia sin excepción.

... el calor se comunica de cuerpos calientes a fríos, cuando estos entran en contacto o están en la cercanía; y la comunicación continúa hasta que los cuerpos se reducen a una temperatura igual, indicando un equilibrio de calor con otro.

... tenemos razón para concluir que cuando cuerpos desigualmente calentados se aproximan el uno a la otro, siempre actuará el más caliente o el menos frío sobre el otro, y le transmitirá una cosa real que llamamos calor”

### CARTA XV

#### De los cambios que el calor y el frío producen en la atmósfera.

"...imaginemos dos habitaciones cerradas por todas partes, pero que se comunican mediante una puerta, y reina el mismo grado de calor en las dos habitaciones... supongamos ahora que una habitación se calienta más que la otra. Hasta que eso sucede, pasará un viento por la puerta, de la habitación caliente a la fría; y cuando el equilibrio se restablezca, el aire estará más rarificado (menos denso) y más condensado (más denso) en la fría." **31 de mayo 1760**

### CARTA XVI

#### Por qué se experimenta en todas partes y en todas las estaciones el mismo frío, cuando se sube a las montañas más altas como cuando se desciende a las cuevas más profundas.

"La variación de calor en la superficie de la tierra es causada, sin duda, por el sol; y parece que su influencia debería ser la misma arriba y abajo... Para ello, señalo que los rayos del sol calientan los cuerpos en cuanto no les permiten libre paso a su través. Vuestra Alteza sabe que se llaman transparentes, pelúcidos o diáfanos los cuerpos a cuyo través podemos ver los objetos. Tales cuerpos son el vidrio, el cristal, el diamante, el agua y muchos otros líquidos, aunque unos sean más o menos transparentes que otros.

Un cuerpo transparente expuesto al sol, no se calienta tanto como otro no transparente, la madera, el hierro, etc. Los cuerpos que no son transparentes se llaman opacos: así una lente ustoría, al transmitir los rayos del sol, quema los cuerpos opacos sin calentarse ella misma.

También el agua expuesta al sol, se calienta un poco, en cuanto no es perfectamente transparente; y cuando vemos que en las orillas de los ríos el sol la ha calentado más, se debe a que el fondo, en cuanto cuerpo opaco, la han calentado los rayos transmitidos por el agua.

Ahora bien, un cuerpo caliente caldea (*caldear: Hacer que algo que antes estaba frío aumente perceptiblemente de temperatura*) los cuerpos próximos, por lo tanto el agua es calentada por el fondo, pero si es muy profunda, de manera que los rayos no puedan penetrar hasta el fondo, apenas se siente en ella calor, aunque el sol le dé bien fuerte.

El aire es un cuerpo muy transparente, en mayor grado que el cristal o el agua; de donde se sigue que no puede calentarlo el sol, porque los rayos pasan libremente a través de él. Todo el calor que frecuentemente sentimos en el aire, le ha sido comunicado por los cuerpos opacos calentados por los rayos solares; y si fuera posible hacer desaparecer todos esos cuerpos, el aire apenas sufriría cambio alguno en su temperatura por causa de los rayos solares; permanecería igualmente frío estuviera o no expuesto al sol.

Sin embargo, el aire de aquí abajo no está completamente tranquilo; a veces está tan henchido de vapores que pierde casi por completo su transparencia, presentado una espesa niebla, y cuando se encuentra en este estado, los rayos del sol actúan sobre él y pueden calentarlo inmediatamente. Pero estos vapores no ascienden mucho, y a la altura de 24.000 pies y más allá es tan sutil y puro que es perfectamente transparente, por tanto los rayos del sol no pueden producir allí ningún efecto.

Éste aire está también lo suficientemente alejado de los cuerpos terrestres para que le puedan comunicar su calor; esa comunicación no puede ir tan lejos. Vuestra Alteza comprenderá fácilmente cómo, en las regiones muy elevadas, los rayos del sol no pueden producir efecto alguno; por tanto, allí debe dominar en todas partes y siempre el mismo grado de frío, pues el sol no ejerce influencia, y el calor de los cuerpos terrestres no puede comunicársela hasta allí. (...)

Puedo añadir, además, otro fenómeno parecido, no menos sorprendente; en las cuevas muy profundas, o aún más abajo si fuera posible llegar, reina en todas partes y siempre el mismo grado de calor; la razón es más o menos la misma. Como los rayos del sol sólo producen su efecto en la superficie de la tierra, de donde lo comunican tanto hacia arriba como hacia abajo, al no poder penetrar muy lejos esta comunicación, este efecto es insensible para las grandes profundidades, lo mismo que para las alturas considerables. Espero que esta solución satisfaga la curiosidad de Vuestra Alteza" **3 de junio de 1760**



1 8 0 3

## ACTIVIDAD 4

### Diseño y Construcción de un Instrumento de Medida

#### PROPÓSITO:

- Plantear el diseño de un instrumento que permita evidenciar el grado de calor de un líquido o cuerpo.
- Construir el instrumento de medida diseñado para evidenciar el grado de calor de un líquido o cuerpo.

#### INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:

Basarse en los apuntes y conclusiones obtenidas de las actividades anteriores para que plantee un diseño de un procedimiento de medida que permita la ordenación y comparación de los grados de calor en los que se encuentran varias sustancias. Inicialmente presentar la propuesta de forma gráfica con justificaciones escritas.

Para la construcción de dicho diseño, tenga en cuenta qué tipo de materiales necesita y cantidad de material. Las propuestas serán expuestas durante la siguiente sesión, en la cual se discutirá su pertinencia con relación al objetivo del funcionamiento del instrumento, y a los procesos de ordenación que se desean realizar.



1 8 0 3

## ACTIVIDAD 5

### Reflexiones Conceptuales a Partir de la Construcción de un Instrumento de Medida: El Termómetro

#### Primera parte. (Presencial: llenar el termómetro)

##### PROPÓSITO:

Plantear una estrategia para llenar los termómetros, a partir de los ensayos realizados en el grupo de trabajo.

##### MATERIALES:

- ✓ Un tubo estrecho con bulbo abierto a un extremo y vacío
- ✓ Cubetas con líquidos como, agua con alcohol etílico, glicerina, aceite común y colorante artificial.
- ✓ Parrilla eléctrica, recipiente térmico y cubetas con hielo y sal.

##### INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:

- Analice y discuta en grupo qué procedimiento se debe seguir para llenar los termómetros con cada líquido encontrado en la mesa.
- Realice una descripción del desarrollo de la actividad para llenar los termómetros con los diferentes líquidos, que incluya tanto las estrategias iniciales, como las modificaciones hechas y dificultades encontradas.
- Una vez realizada la actividad, construya explicaciones que de acuerdo a las observaciones hechas y las discusiones desarrolladas al respecto, sustenten y ayuden a comprender:
  - Los criterios que se tuvieron en cuenta para plantear la estrategia que fue llevada a cabo para llenar de los termómetros.
  - Las dificultades encontradas para llenar los termómetros
  - Las estrategias con las cuales superaron las dificultades
  - La razón por la cual se usaron los materiales y la forma cómo se usaron
- Para la siguiente sesión consulte el procedimiento que se debe seguir para calibrar un termómetro. Lea y precise lo que entendió de la consulta, para que utilice dicha información en los procedimientos que se le pidan en las siguientes actividades.

#### Segunda Parte. (Presencial: calibración de los termómetros y construcción de escalas)

##### PROPÓSITO:

Construir una escala de medición para los termómetros, a partir de las discusiones grupales y reflexiones en torno a los fenómenos térmicos que se ha venido adelantando durante el proceso de intervención pedagógica.

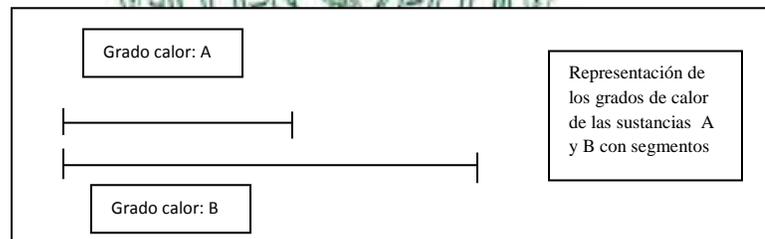
### MATERIALES:

- ✓ Tubos capilares con bulbo abierto a un extremo, llenos con diferentes líquidos
- ✓ Marcadores permanentes, cinta de papel.
- ✓ Fogón de luz con olla, cubetas con agua y con hielo seco.

### INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:

Retome las ideas y explicaciones que haya considerado de importancia dentro de la temática que se ha venido trabajando, revise el registro escrito de éstas, para obtener soportes en el momento de la construcción de explicaciones y justificaciones a los procedimientos y las decisiones que tome en el grupo de trabajo.

- I. Se ponen en contacto dos objetos o se mezclan dos líquidos que se encuentran a diferentes grados de calor y se dejan así durante un intervalo de tiempo.
  - a. ¿Qué sucede con los dos objetos o líquidos durante este intervalo de tiempo?
  - b. ¿Cuál sería el grado de calor de los dos objetos o líquidos al final del intervalo de tiempo?
- II. Considere que se ponen en contacto o se mezclan dos cantidades diferentes A y B de la misma sustancia, que se encuentran a diferentes grados de calor. El grado de calor inicial de cada cantidad se representan por medio de segmentos así<sup>53</sup>:



Cuál es la longitud del segmento que representaría el grado de calor final entre las cantidades A y B después de mezclarse, considerando cada una de las siguientes situaciones: (Realizar la representación de los segmentos para cada situación y explicar por qué dicha longitud)

- a. Cantidad de la sustancia A igual a la cantidad de la sustancia B
  - b. Cantidad de la sustancia A el doble que la cantidad de la sustancia B
  - c. Cantidad de la sustancia B el triple de la cantidad de la sustancia A
- III. De acuerdo a lo anterior, ¿la temperatura final de equilibrio está más cerca de la temperatura de la cantidad mayor o de la temperatura de la cantidad menor? Explique
  - IV. Se ponen en contacto un termómetro y una sustancia que están a diferentes grados de calor, al final del intervalo de tiempo de contacto:
    - a. ¿Qué sucede con el grado de calor del termómetro y el líquido?

<sup>53</sup> Ésta actividad es retomada y adecuada para ésta investigación de Romero y Agilar, 2013, pp. 115 y ss.

- b. ¿De qué forma el termómetro afecta al líquido?
- c. ¿El resultado final de termómetro qué indica respecto al contacto entre éste y el líquido?
- V. Tome los termómetros previamente llenos, y describa que se puede observar cuando éste se somete al contacto con el frío o el calor.
- VI. Al aplicar el procedimiento anteriormente consultado para calibrar un termómetro ¿Qué resultados se obtiene? ¿Qué variaciones tuvo que realizar al procedimiento y cuáles fueron los criterios para hacer dichas variaciones?
- a. Con las marcaciones dadas a los termómetros de puntos máximos y mínimos, construya una escala que permita dar información del grado de calor de un objeto.
- b. Realice una descripción del procedimiento realizado para la construcción de las escalas.
- c. Construya una explicación en torno a los criterios grupales, tenidos en cuenta para la construcción de dicha escala. (esto se realizó durante las exposiciones que los estudiantes hicieron por grupo)
- d. Explique qué diferencias presentan las escalas en cada termómetro respecto al líquido utilizado.

### Tercera Parte. (Presencial: reflexión conceptual acerca de la construcción de termómetros. Realización de mediciones.)

#### PROPÓSITO:

Realizar un análisis a partir de una experiencia con los termómetros construidos y lo discutido en actividades anteriores a su construcción y calibración.

#### MATERIALES:

- ✓ Parrilla eléctrica,
- ✓ Recipientes térmicos
- ✓ Agua “tibia”
- ✓ Tiner,
- ✓ Alcohol caliente.

#### INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:

- Retome la actividad anterior y revise lo realizado en los puntos I al IV.
- Con cada termómetro construido realice lo siguiente:
  - Póngalos en interacción con cantidades de sustancias similares a las contenidas dentro del termómetro, cantidades de sustancias que sean el doble de lo contenido dentro del termómetro y cantidades de sustancias que sean significativamente mayores que la contenida dentro del termómetro.
  - Realice una descripción de las observaciones hechas durante dicha experiencia.

- Compare éstas observaciones con las reflexiones hechas en los puntos I al IV de la actividad anterior.
  - Construya una explicación acerca de lo observado que tenga en cuenta las reflexiones anteriores y las consideraciones suscitadas a partir de las observaciones en relación con la experiencia.
- Tome los termómetros contruidos y póngalos en interacción con una cantidad de líquido determinada por el grupo de trabajo (que esté a un grado de calor mayor que el de los termómetros), luego realice una tabla donde se consignent los resultados obtenidos en relación con las escalas construidas para cada uno de ellos, en la cual se diferencie el termómetro utilizado.
    - ¿Qué significado tiene para el grupo de trabajo éstos datos?
    - ¿Cuál de los termómetros es el más adecuado para llevar a cabo éste tipo de procedimientos?

### **Cuarta Parte. (Presencial: Exposición de resultados y procedimientos hechos en las sesiones anteriores. Plenaria.)**

#### **PROPÓSITO:**

Participar en el debate en torno a la reflexión sobre el proceso de medición de la temperatura y la construcción de escalas de medición.

#### **INDICACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD:**

Exponer además de sus resultados, las conclusiones y discusiones generadas durante el desarrollo de las actividades. Luego de la exposición se entablará un debate, orientado por las inquietudes generadas durante la intervención y algunas preguntas que la docente hará en el transcurso de la actividad.

#### **PREGUNTAS ORIENTADORAS PARA LA DISCUSIÓN:**

- ☞ ¿Cómo puede establecerse un orden entre dos líquidos que están fríos?
- ☞ ¿Qué es lo que pasa cuando se pone en contacto el termómetro con un líquido?
- ☞ ¿qué propiedad o característica es la que se está midiendo con el termómetro?
- ☞ ¿Qué significado físico, tienen los números dados en las tablas construidas en la sesión pasada en cuanto al proceso llevado a cabo para obtenerlos?
- ☞ ¿qué es lo que realmente estamos midiendo con un termómetro?
- ☞ Se podría establecer una relación o diferencia entre calor y temperatura? ¿cuál sería?
- ☞ De acuerdo a todos los procedimientos seguidos y reflexiones hechas durante el trabajo hecho en ésta experiencia de qué forma podría construirse un patrón de medida, asociado a las escalas de temperatura.

### Anexo 3. Reflexiones sobre el papel del instrumento.

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 6

Antes de ésta conversación, los estudiantes estaban discutiendo como ordenar objetos de distinto material, qué criterios debían tener en cuenta para decidir cuál de todos era el más fino, y retomaron situaciones de la cotidianidad con las cuales se habían relacionado antes, para construir sus explicaciones con las cuales podrían convencer o no a sus demás compañeros.

LILO: de todos esos criterios que ustedes acabaron de decir cuáles les parecen mejor. (señala a Juan Carlos) él habla del doblar, entonces de acuerdo a eso para el primero es la madera y luego el plástico, eh, Sonia y Sandra hablan del criterio de degradarse en el agua, y él habla del criterio de penetrar un cuchillo en ese material, entonces cuál de esos criterios creen ustedes que es el más factible.

SANTIAGO: el de Sonia y Sandra.

LILO: deciden por el de Sonia y Sandra?

SONIA: o también el de partir.

LILO: pero decidámonos... o sea, podemos tener dos criterios para medir, o uno debe de elegir uno solo, ustedes que dicen.

SANTIAGO: pero es que tampoco nos podemos quedar solo en una respuesta, hay que buscar varias.

LILO: pero si fuéramos a escribir eso que ustedes que dicen, uno puede tener varias o es mejor tener uno.

SANTIAGO: eso depende, si es a menor tiempo pues toca aplicar el criterio del machete o si usted puede tener todo el tiempo que quiera pues póngalo al sol y al agua y espere, porque esto...

SONIA: si de pronto esto se demora, o sea es que de pronto esto si se degrada en el agua pero es que si se demora.

SANDRA: es muy demorado.

SONIA: mientras eso ya...

SANTIAGO: nooo pero no en el agua específicamente, al sol y al... no en el agua si no.

SANDRA: y el plástico ya sería mucho más.

SANTIAGO: al sol y al agua.

JUAN: en todo caso el cartón es el último pues el menor.

LILO: sin importar la clasificación el menor para ustedes sería el.

JUAN: sería el cartón.

LILO: el cartón. La mitad según su clasificación de Sandra y Sonia cuál sería.

SANDRA: la madera.

LILO: la madera y la primera el plástico. Y de acuerdo a su clasificación (nuevamente clasificación aquí se refería a ordenación, al parecer los estudiantes lo tomaron como ordenación).

Juan Carlos cuál sería.

JUAN: pues el menor el cartón luego el plástico y ya la madera.

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 11

SANTIAGO: como lo dijimos ahora ya sea por resistencia o por fuerza.

LILO: entonces cómo debería ser un instrumento para esto  
SONIA: uno un martillo y otro el agua ¿no?  
WILDER: con un cuchillo..  
LILO: ¿con un cuchillo? Osea que el instrumento sería un cuchillo. Ya miraría que variaciones le haría al cuchillo, osea que si el instrumento sería un cuchillo cual de los dos criterios nos servirían, el de Juan o el de Sonia  
VARIOS: el de Juan Carlos  
LILO: si fueran a utilizar el cuchillo, y si fuera para el criterio de Sonia qué instrumento  
SANTIAGO: el aire, el ambiente  
SONIA: nooo también agua y un secador, el secador genera calor y viento y el agua lo va desintegrando. Sino que toma más tiempo el que nosotros dijimos, por que el dijo como en el momento pero así como a tiempo...

#### **TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 6**

Que instrumento tendríamos que tener para poder ordenar ese material  
WILDER: un cuchillo. Porque ahí están midiendo lo fino,  
JUAN: la resistencia  
WILDER: para ver cuál se raja primero  
LILO: esos fueron los criterios que ustedes dieron  
SANDRA. Profe, ese sería como para que sea más rápido, porque como nosotras dos dijimos puede ser el agua o el aire pero ya si eso demora más e¿y en cuestión de rapidez el cuchillo  
LILO: Y si el cuchillo es muy débil, de los que se doblan fácilmente. ¿se puede? Qué se debe tener en cuenta en el caso del cuchillo.  
SONIA: que sea más resistente que el material que vamos a poner en práctica  
WILDER: que sea más puntudo  
LILO: por qué bien puntudo  
WILDER: para que halla.... Para que lo dañe más fácil el material  
LILO: y la ordenación cómo sería. Cojo el cuchillo y (hace gesto de colocarlo en interacción con el material y apoyarlo fijamente) qué debo observar...  
SANDRA: que tanto daño le hizo  
LILO: que tanto daño. Entonces en éste pasó de una el cuchillo, en éste no pasó  
SONIA: pero también hay que medir que se haga la misma fuerza en todos, porque usted por ejemplo yo cojo un cuchillo aquí y le puedo hacer aquí y acá pero en otro, pues, yo no sé como aplicar la misma fuerza en por ejemplo, el plástico, el cartón o la madera, entonces tiene que ser algo en el que se aplique la misma fuerza.

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.2**

Se quedan observando ya los termómetros, pero no interactúan con ellos, los dejan en el recipiente y se quedan en silencio.

SONIA: (luego de estar observando) venga si así mismo sale de aquí entonces así mismo tiene que entrar  
SANDRA: como así  
SONIA: por ejemplo, para sacar éste líquido de acá...  
SANDRA: tiene que salir caliente  
SONIA: tiene que salir caliente, pero entonces para introducirlo allá ¿qué?  
SANDRA: tiene que estar frío

WILDER: claro  
SANTIAGO: ummmmmmmmm (piensa un poco)  
TATI: y como así  
SANDRA: si por éste huequito ¿no ve? con una jeringa  
SONIA: hay que introducirlo frio para poder que baje  
TATI: el tubo tiene que estar en una parte fría, por ejemplo el hielo y enseguida ir con una jeringa introduciendo el aceite porque o si no...  
LILO: el aceite también frío  
VARIOS: si claro  
WILDER: y porque tiene que estar frio  
SANDRA: porque es que el tubo es el que está haciendo contacto con éste y después él se lo transmite al líquido entonces para poderlo introducir el tubo debe estar frio para que el líquido entre  
TATI: y según la temperatura sube o baja  
SONIA: porque si baja con el frio

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.6**

LILO: ya con éstas observaciones ustedes qué dicen, ¿cuál es el procedimiento que se puede calibrar  
SANTIAGO: profe el procedimiento es el hielo está a una temperatura muy baja y la caliente en una muy alta. Entonces cuando se pone en el hielo es porque llega a baja temperatura y cuando llega a su máximo, osea en la caliente es por que ya... se le pone 100, 120 lo que ya sea lo máximo

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.14**

SONIA: además mire que éste solo tenía el hielo hasta aquí (señala que solo se introdujo el bulbo en el hielo) qué pasaría si se sumerge todo en hielo. Actuaría como más rápido ¿no?  
SANDRA: si porque este no más estaba frio acá y éste tubo estaba caliente acá (según su conversación, lo frio era solo el bulbo y el tubo capilar estaría caliente, lo cual consideran que afecta la forma como se dilata o contrae el líquido dentro de éste)  
SONIA: ajá, este solamente estaba frio acá, entonces iba subiendo o bajando más lento mientras que si usted lo mete todo en un hielo, si puede medir menos temperaturas

#### **TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.2**

SANTIAGO: pues si, sino que.. bueno en si eh... primero buscamos la forma de pronto como dividir y todo pero no nos daba como igual  
JUAN: es que vea, primero colocamos que cien acá (muestra el extremo superior del tubo capilar) ¿cierto? Entonces nosotros dijimos ahhh que aquí cien, entonces acá cincuenta (señala la mitad del tubo capilar) nosotros nos pusimos a pensar, si fuera cien tendría que haber subido hasta acá (señala la terminación del tubo capilar, según ellos casi a punto de derramarse el líquido) entonces dividimos y acá daba ochenta (el señala el punto máximo al que llegó el liquido que tenían dentro del termómetro), entonces ya... por eso lo dejamos ahí.

#### **TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.2**

SANTIAGO: También depende del termómetro (hace señas de que pueden tener tubos capilares

muy grande o no, su referencia es explícitamente con la longitud del tubo capilar)

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.3**

SONIA: si calcula, entonces por ejemplo uno subía más que otro, pero tomamos como referencia también el líquido, puede que el termómetro lo sometamos a la misma temperatura pero qué pasa: un líquido puede.... Como son diferentes líquidos uno puede ebulir más que el otro, entonces el que ebulle más rápido tiene menos capacidad de medición y el que ebulle más lento quiere decir que soporta más altas temperaturas y tiene más capacidad de medir, entonces por ejemplo, son las mismas escalas pero el uno tiene más números o sea que tiene más capacidad de medir que el otro

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.6**

LILO: Y si ustedes tuvieran que elegir un termómetro de éstos para hacer mediciones, ¿cuál elegirían?

WILDER: el que más suba

Sonia: no, yo elegiría el más lento, pues el más lento no, el que o sea, se someta al agua caliente y se suba más poquito, porque quiere decir que tiene más capacidad de medir, en cambio si sometemos por ejemplo un termómetro a la temperatura de esa agua eso de una se sube entonces no aguanta tanto lo que el otro es más lento, por ejemplo lo que decía Wilder, el mercurio que es más lento, entonces de pronto tiene más capacidad de medir (ojo, en éste comentario que hace aquí sonia, hay evidencia de una posible contradicción entre lo que refutó al inicio de la sesión, referente al proceso que describieron Juan y Santiago, ella entonces decía que el termómetro si llegaba solo a 80, era porque tenía menos capacidad de medir, ahora plantea que puede ser al contrario, si sube más gradualmente o lentamente, puede tener mayor capacidad de medir)

WILDER: no pero es que ahí (el termómetro de aceite) uno si puede medir la temperatura de la mano y sube más o menos... no hasta arriba pero si mas o menos para dar una cosa exacta

LILO: Y para usted ese (el de mercurio) no serviría

WILDER: no no serviría

LILO: para ustedes, cuál elegirían de todos de acuerdo a las características que observaron

SANTIAGO: y fuera de eso, pues debemos también tener en cuenta que vea que el mercurio es el que más se usa para los termómetros, entonces por algo debe ser, porque de pronto ya así como dice Sonia al subir más lento puede llegar a tomar la medida más exacta y todo para saber donde llega

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.7**

SANTIAGO: yo pienso que con éste no podemos tomar la temperatura porque va a llegar a un punto que se va a...

SONIA: se va a derramar

SANTIAGO: al someterlo a esas temperaturas tan calientes va a llegar a un punto que se va a derramar y no vamos a saber hasta dónde va a subir, en este (señala el termómetro de mercurio) que es mucho más lento va a subir lento y va a llegar a un punto que ya no sube más

LILO: y ya podemos medir lo máximo

SANTIAGO: si lo sometimos al agua hirviendo y subió pues, no llegó ni a la mitad del termómetro, entonces aguanta mucho más temperatura de lo que....

SANDRA: profe y también depende del vidrio, porque mire profe si uno lo somete, como estaban diciendo al hierro derretido, puede que el vidrio de tanto calor se explote...

Sonia: o se desintegre o algo así, igual no va a soportar, tiene que ser que el, tanto el material con el que esté hecho el termómetro, tanto el líquido sea resistente para soportar esa temperatura y tenga la capacidad de medir porque uno no le puede meter cualquier cosa para medir

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIMERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.11**

Sonia: a pero es que hay que mirar que todos los termómetros no tienen la misma escala, entonces ahorita tenemos que coger una escala en general para todos

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIMERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.15**

LILO; no, que aquí hay diferentes termómetros con todos ellos midieron en agua caliente y en el agua caliente aparecen diferentes temperaturas, entonces lo que yo les preguntaba, esa agua caliente ¿tenía diferentes temperaturas?

SANDRA: según la capacidad que tienen el termómetro profe, y también depende del líquido, porque con el tiempo que tomaron, pues sometieron el termómetro, están a la misma temperatura del agua ¿cierto? lo que sube es la capacidad del termómetro o también depende del líquido no porque el agua está más caliente y a la vez más fría, no. Porque sometieron dos a un... al agua caliente y uno subió más que el otro por la capacidad que tiene el líquido como de subir

LILO: entonces en sí la temperatura de esa agua caliente es la misma para todos

SONIA: sí porque no es por ejemplo no es lo mismo poner digamos en éstos termómetros agua sola y alcohol ¿cuál creen que va subir más rápido? En agua caliente

SANDRA: el alcohol

SONIA: el alcohol, entonces es por el líquido. Si estuviésemos tratando tal vez diferentes... Pues el mismo líquido tal vez pero estamos tratando líquidos diferentes

SANTIAGO: y vea que incluso podemos comparar el agua con alcohol y con mercurio. El mercurio es muy pesado y no hace que suba... en comparación del agua con alcohol

LILO: entonces podemos decir que cuando estamos midiendo temperaturas estamos haciendo mediciones exactas?

VARIOS: no

LILO: en sí que es lo exacto en una medición, o qué es lo que se mide en sí, y cuando ustedes dicen que están midiendo, que es en sí medir, o sea, para medir la temperatura qué es lo que se hace, qué están haciendo ustedes

SANTIAGO: según el termómetro tomar una referencia de pues sí, como lo organizamos y todo a cuanto está

TATI: es que lo que está adentro es el líquido entonces es el líquido quien mide según su capacidad

LILO: capacidad de qué?

TATI: de calor o de frío, entonces por eso uno sube más, por eso otros bajan más, otros se quedan estables, y ya... pues dependiendo también su líquido

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIMERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.15**

LILO: yo les quiero hacer otra pregunta con relación a esos tiempos que ustedes decidieron

tomar. Si yo les digo que cuál era la temperatura de esa agua tibia, y ustedes toman ese dato por un tiempo, si ese tiempo es muy prolongado esa si sería la temperatura de esa agua tibia que yo les dí al inicio

TATI: no porque ella va a ir enfriándose

JUAN: el agua va enfriándose

LILO: entonces si un termómetro se demora mucho para poder llegar a los límites como ustedes están diciendo es adecuado o no es adecuado emplearlo para la medición de temperaturas

VARIOS: no, no es adecuado

LILO: porque no sería entonces adecuado

SANDRA: porque mientras que...

TATI: va cambiando su estado de calor

JUAN: ... el que ... el líquido que uno está midiendo

TATI: entonces por eso hay veces se pone más dificultoso, porque ya va a estar más caliente o más frío

### **Criterios para la elección de un instrumento de medida**

## **IMPORTANCIA DE LOS SENTIDOS EN EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES**

### **TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 10**

**SONIA:** Porque es que miren ese y comparen ese con éste. Miren que pasan liso, y ese no. Se siente como... la diferencia.

*Los estudiantes continúan realizando comparaciones y separando las fichas, más adelante vuelven a considerar la posibilidad de tocar de forma más detenida las fichas para realizar conclusiones acerca de en qué lugar debían ubicarlas.*

**SANTIAGO:** Sí. Tocan más bien con éstos.

**SONIA:** Éstos si pero, pero éste de pasta no. Toque y vera la diferencia que se siente con éste a con éste.

*Más abajo continúan los estudiantes*

**SONIA:** Vea, toque esto.

**LILO:** entonces con eso que acabamos de hacer ustedes pueden encontrar una diferencia en como hicieron la ordenación de los grosores con la organización de lo rugoso, que hicieron para los grosores? Ya me dijeron: comparar entre las fichas. En cambio aquí qué hicieron...

¿comparar una ficha con la otra...?

**WILDER:** tac, tac ¿cómo es?

**JUAN:** tactibilidad

**SONIA:** palparla

### **TRANSCRIPCIÓN. Los sentidos en los procesos de Clasificación de Magnitudes pag. 1**

SANDRA: se pude tocar el aceite

### **TRANSCRIPCIÓN. Los sentidos en los procesos de Clasificación de Magnitudes pag. 1**

WILDER: entonces éste iría de primero. (Muestra una cubeta llena de hielo)

LILO: saquen el tubo del hielo

JUAN: es más frío el alcohol que el agua (varios introducen sus dedos en los líquidos varias veces)

SANDRA: nooo es más fría el agua

WILDER: Siii es más fría el agua

SANDRA: es más fría el agua

WILDER: metamos la mano

TATI: la madera puede ir por acá

SANDRA: no pero con el mismo dedo, como se le ocurre (esto lo dice, pues wilder introduce el dedo en el alcohol y luego en el agua)

TATI: no pero es que hay que tocar todo para que después explicar todo (de acuerdo a lo que han hecho los estudiantes, empiezan a enfiletar los objetos uno tras otro)

YEFERSON: nooo pero como lo vas a tocar con la misma mano

### **TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 3**

Después de sacar la cuchara, todos la tocan y concluyen en voz alta destacándose con más alto tono de voz Sonia.

SANDRA: está más caliente la cuchara

SONIA: está más caliente la cuchara, porque es que es metálica, esto es un receptor ya sea de caliente o de frío

### **NOCIÓN DE EQUILIBRIO, CANTIDAD DE LA SUSTANCIAS, INTERACCIÓN ENTRE OBJETOS Y SUSTANCIAS**

### **TRANSCRIPCIÓN. Los sentidos en los procesos de Clasificación de Magnitudes pag. 1**

LILO: qué significa que sea una lámina de aluminio al medio ambiente.

SANTIAGO: que no está haciendo contacto...

TATIANA: ni con agua, ni con

LILO: que no esté haciendo contacto con qué??

SANTIAGO: pues, con algo como el hielo el agua, el alcohol

LILO: (continúa leyendo la guía) una tabla de madera al medio ambiente, un tubo de hierro expuesto a una cubeta de hielo. (un tubo en una cubeta de hielo y agua)

WILDER: esto le roba calor al agua

LILO: quien roba calor  
JUAN: profe, no le ha pasado que le sirven a uno un tinto en una taza y ahí queda caliente.

Qué significa al medio ambiente?  
SANDRA: como sale de la canilla, frío.  
WILDER: sin alterarle la temperatura

#### **TRANSCRIPCIÓN. Los sentidos en los procesos de Clasificación de Magnitudes pag. 1**

SANDRA: es más caliente este tubo que el agua  
SONIA: pero éste porque está tibio, si un tubo siempre es frío  
SANTIAGO: porque lo hemos tocado mucho, eso depende de cómo lo toquemos

#### **TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICO pag. 2**

SANTIAGO: O muchas veces como pasar de... (hace la señal de verter agua de un vaso a otro con las manos) a medida que el tiempo va pasando el viento lo va enfriando  
SONIA: es que por eso, porque está al ambiente  
WILDER: yo lo meto a la nevera y al momentico ya está fría

#### **TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 2-3**

LILO: que otra acción por ejemplo para cambiarle el grado de calor de esa agua que está echando humo, que podemos hacer  
SANTIAGO: podemos someterla de pronto a algo más frío  
LILO: como así que someterlo  
SANTIAGO: por ejemplo... como... meterlo...  
SONIA: hacer un choque térmico para que se enfríe más rápido  
LILO: como sería un choque térmico  
SONIA: por ejemplo poner esta coca (toma la cubeta con agua hervida y la pone dentro de la cubeta con hielo), como ésto está caliente y esto está frío entonces usted lo pone acá y se enfría más rápido  
JUAN: o echarle los hielos  
SONIA: o echarle los hielos acá adentro  
WILDER: o sea la interacción con otras sustancias más frías que ésta  
SONIA: pero sería la misma sustancia sino que está en diferente estado

#### **TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 5**

JUAN: la tercera: ¿De qué formas puede calentarse o enfriarse un objeto?  
SONIA: sometiéndola uno mismo a un cambio de temperatura, menor o mayor que la que el objeto o el líquido esté  
JUAN: y así uno mismo no se ponga el objeto sino que el solo también cambia la temperatura a  
LILO: y cómo cambia el solo  
SONIA: al ambiente, por ejemplo si llueve el objeto se puede enfriar  
JUAN: por ejemplo si hace mucho sol, si el esta al sol y al agua cuando llueve se va a enfriar obviamente y cuando está haciendo sol pues...

SANDRA: se calienta  
SONIA: por ejemplo los tubos  
SANTIAGO: por ejemplo en éste momento debe estar frío  
SONIA: por ejemplo ahí no hay mano del hombre  
JUAN: si profe por ejemplo, va uno a allá a tocar la placa y toca el suelo, es obvio que está caliente y tóquelo pues por la noche ya está frío  
LILO: o sea que qué fue lo que produjo ese cambio  
SONIA: el ambiente

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 3**

LILO: y en éste momento que grado de calor tiene  
SANTIAGO: caliente  
LILO: qué tanto  
JUAN: mucho  
SONIA: no pues hay que sacarla  
SANDRA: sáquela pues, ¿está muy caliente?  
LILO: habría que sacarla para poder saber  
SANTIAGO: no porque al ver el agua, se sabe que está caliente, no mucho pero si  
TATI: debe de estar al mismo grado  
LILO: al mismo grado de quién  
TATI: del agua ... hervida  
SONIA: no puede que se caliente más porque eso es un receptor de frío o de calor ya que es un metal  
WILDER: ahí le está robando la energía al agua  
LILO: quién está robando la energía  
WILDER: la cuchara

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 3**

LILO: y si se deja mucho rato ahí (refiriéndose a la cubeta con el agua hervida), sigue siendo más caliente la cuchara, si se deja mucho rato ahí  
SONIA: nooo, hasta que ya llegue como a su capacidad, pues... que ya el agua no le pueda proporcionar más calor a ella, entonces va a llegar a un punto que ya no se va a calentar más.  
SANTIAGO: o sea que permanece estable

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 5**

SANDRA: si en que circunstancias digamos, por ejemplo ésta agua está muy caliente y se mete algo que este.. pues se mete hielo y como está tan caliente derrite el hielo  
WILDER: por eso, cuando están a diferentes temperaturas  
LILO: y para poderlos cambiar... por ejemplo por decir algo, el agua está ahí caliente y allí está el hielo, entonces ¿van a cambiar de temperatura?  
WILDER: no cuando interactúan

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 5**

SANTIAGO: caliente, caliente, también porque su anchor  
SONIA: noo, un vaso de plástico también  
SANTIAGO: también su anchor  
SONIA: sii, el anchor del recipiente, que tanto aire u oxígeno le está entrando al recipiente  
TATI: según la boca del recipiente, porque si usted lo echa en una botella como éstas (señala un botella desechable de gaseosa)  
SONIA: agua caliente, y ésta coca (señala la cubeta con agua caliente que tiene boca muy ancha) se va a enfriar, si hubiese un tarro grande que tuviera como la misma cantidad de agua (señala a ambos recipientes) y esté a la misma temperatura y al mismo medio entonces se va a enfriar más rápido ésta porque tiene más... (ella toca los bordes del recipiente de agua caliente, que tiene mayor boca como lo mencionaron antes)  
SANTIAGO: tiene más posibilidades de que se evapore  
TATI: en cambio ésta tiene menos posibilidades de que el aire penetre directamente ahí, en cambio éste no

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.1**

LILO: ¿cómo cambiamos el grado de calor de un objeto, por medio de qué?  
SANTIAGO: contacto  
LILO: y para ese contacto entonces que es lo que tiene que tener esos dos objetos  
WILDER: diferente grado de calor  
LILO: y según lo que nos decía wilder qué pasa cuando tienen diferentes grados de calor  
WILDER: uno tiene que estar con mayor grado de calor y otro con menor  
LILO: y entonces según wilder, el de mayor grado de calor...  
SANTIAGO: llegan a un punto donde se nivelan

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.2**

LILO: cuando yo tomo éste vidrio en mi mano, estamos hablando de un contacto  
TATIANA: están compartiendo temperatura. Usted le está dando calor a ese  
SANTIAGO: al tubo  
WILDER: si porque usted tiene mayor y el tiene menor  
SONIA: al vidrio y del vidrio al líquido, puede ser para que se vaya ...  
JUAN: que se disuelva o algo así  
SONIA: para que se vaya saliendo. Se puede disolver y ya....  
SANTIAGO: subir la temperatura, o bajar la temperatura ya depende del calor de la mano  
LILO: y por qué subiría, o sea, cuando sube que pasa ¿aumentó el líquido?  
JUAN: no profe tal vez.... Eh... digamos que esto sea aceite entonces tal vez el aceite no pase porque tiene un huequito muy pequeño entonces al tener calor se dispersa, se disuelve y pasa más fácil. No se, digo yo

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.2**

SANDRA: subió mucho, y yo creo que todavía sigue subiendo más  
TATI: el agua con alcohol tiene una burbuja, y el mercurio solo llega hasta ¿aquí?

**SANDRA: no pero hay que dejarlo más tiempo**

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.15**

TATI: sii, porque uno tiene más capacidad de consumir la misma temperatura, porque son diferentes, pero necesitamos es que los dos, como tienen la misma temperatura están en el mismo calor, están en el mismo fogón, lleguen a cierta parte, y que esa parte sea la misma, por qué, porque tienen la misma temperatura y estamos que mirando, viendo la temperatura

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.3**

SANTIAGO: el líquido subió hasta acá

LILO: por qué subió hasta ahí el líquido?

JUAN: por el calor

LILO: y qué genero eso

SANTIAGO: cuando lo metimos al agua caliente, fue lo que produjo que subiera...

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.16**

LILO: entonces si ustedes me dicen que la temperatura aquí en el agua caliente de ésta agua con alcohol era 30°, el agua caliente tenía una temperatura de 30° ¿cuál es la temperatura del alcohol que hay dentro del termómetro

SANDRA: pues 30°

LILO: y porque 30°

SANDRA: porque como el agua está a 30°, al someter eso, el vidrio y el mismo líquido, se calienta lo mismo que está el agua, entonces sería 30 (también sirve como reflexión del instrumento)

LILO: entonces qué es medir temperatura

WILDER: equilibrarlo

LILO: equilibrar qué

WILDER: los que están... los dos, si... el termómetro y a lo que le está midiendo

SANTIAGO: profe pues pienso, para mi la temperatura, ponemos en contacto a ambos, éstos entre si se van a **brindar energía (lo que podría ser considerado como calor)** y esa energía va a hacer que éste suba o baje

WILDER: que lleguen a un equilibrio

SANTIAGO: para poder saber a cuanto está, según la energía o la temperatura

LILO: y para saber eso, ese termómetro lo tienen que poner... cómo

SANTIAGO: en contacto con el agua... con el líquido o con el... que le vamos a tomar el calor

LILO: entonces lo que dice Wilder es que hay que equilibrar, que estén en equilibrio ¿qué significa equilibrio?

SONIA, WILDER, SANTIAGO: igualdad

**CUANDO SE TRAE A LAS DISCUSIONES SITUACIONES COTIDIANAS**

**TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 5-6**

SANTIAGO: no pero...no ... siiii, el material si, pero como.... Usted deja pues, bueno ....  
Supongamos que usted deja al sol y al agua una pasta y la madera: se va a dañar más fácil la madera  
SONIA: no pero es que igual, mire que también tenemos dos cosas, por ejemplo dice que éstas tres y mire ésta es de madera y esta es totalmente plástica, opuesta a ésta, (señalando la madera) pero es que ésta tiene ambas, tiene cartón pero también tiene madera  
SANTIAGO: si pero es más débil que las otras dos  
JUAN: dóblelas y verán que se parten  
SANDRA: siiii, por que vea, como dice Santiago, poniendo estas tres en agua bastante tiempo se va a degradar primero ésta (muestra de de carton y madera) luego esta (muestra la madera ) y por último el plástico  
LILO: ese criterio está muy interesante  
JUAN: pero es que degradar si, pero por ejemplo coja una tabla bien gruesa y vaya tuérzala y coja una botella plástica y vera que eso se voltea de una  
SANTIAGO: pero depende....  
WILDER: pero es que hay diferentes.....  
SANTIAGO : depende por que usted coge un pedazo de madera igual maciso y también el plástico igual de maciso y no lo dobla nadie

**TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 9**

LILO: qué pasa con lo que describieron del material? Según ustedes pudieron ordenarlo?  
JUAN: siiiii  
LILO: por qué  
JUAN: por su material  
WILDER: por lo fino  
SONIA: por su material y la resistencia  
LILO: la resistencia de quién  
SONIA: material de resistencia a la fuerza  
JUAN: ..... al agua  
SONIA: y al aire, al ambiente, ya sea al agua y al sol y la que se dijo, la fuerza. Viendose en dos aspectos en lo ambiental...  
JUAN: en lo ambiental y en su finura  
SANTIAGO: pues si ya ....  
SONIA: si en dos formas en la fuerza, en una fuerza aplicada sobre ....  
SANTIAGO: .... El objeto  
JUAN: sobre el objeto que esté a prueba. (refiriéndose a lo que está copiando la compañera Sandra el continua diciendo): (se puede ordenar por su material y por su resistencia en dos formas)... en dos formas y ya coloca dos guioncitos una que es en la resistencia sobre el objeto...puesss  
SANTIAGO: en el ambiente  
JUAN: ... uno sobre el objeto, y la otra la resistencia del material, la resistencia al ambiente... al agua, a la lluvia...

**TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 11**

SANDRA: profe y también me puse a pensar así como en la candela, uno prende la madera siii se quema pero se derrite más fácil el plástico y éste si se quema del todo pero se derrite más fácil el plástico que la madera, la madera se quema porque si se quema, pero usted poniendo como al mismo tiempo la candela a la madera al plástico y éste, primero se quema éste y por último éste

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 5**

JUAN: ¿Qué condiciones deben establecerse para que una bebida permanezca caliente el mayor tiempo posible?

SANDRA: taparle el vapor.

JUAN: Piensa qué mecanismos se podría construir para tal fin y describe las características que deben tener los materiales empleados.

SONIA: que el aire no haga efecto en ella

SANDRA: taparle el vapor

SANTIAGO: o también que estén más ..

SONIA: siiii, no ve que usted por ejemplo hierve una aguapanela en la casa, y usted la deja destapada se le enfría más rápido y si usted la deja bien tapada, tarda más tiempo en, por qué, porque tarda más tiempo en enfriarse, el vapor se concentra y va a permitir que se conserve caliente por más tiempo, mientras que si uno lo destapa se va yendo

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 8**

WILDER: pero es que ahí no dice, cuando acaba de hervir, después lo pueden echar a otra cosa para que permanezca más tiempo caliente, por ejemplo en una botella de litro, porque el plástico es todo delgadito y ahí permanece más tiempo caliente

SONIA: usted por qué dice, porque es más delgadito

WILDER: claro

SONIA: ¿o sea que si uno pone una aguapanela en un recipiente más grueso se va a enfriar más rápido?

WILDER: noo, no se si se va a enfriar más rápido pero si se que dura más en el plástico delgadito, yo creo

SONIA: pero por qué?

JUAN: si porque cuando le sirven a uno un tinto en un pocillo... en un vaso desechable eso dura uff... eso se quema uno, en cambio le sirven a uno en una taza que es más gruesa, una taza de loza y eso se enfría de una

SANTIAGO: mire el boquete de la taza de loza y mire el del vasito de plástico (mientras dice esto con las manos le enseña a su compañero la diferencia)

JUAN: no, y yo también he ensayado en tazas de desechable y es lo mismo

SONIA: o en esas tazas de peltre, eso si se calienta mucho ¿no?

LILO: si, se calientan pero ¿conserva el frío o el calor?

JUAN: a mi me parece que si conserva

SONIA: pero no tanto, pero si conserva algo

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.2**

SONIA: le podemos hacer esas escalas a los termómetros así (señalando lo dibujado en el

tablero)

SANTIAGO: así como está acá se puede dividir en los grados

SONIA: si, así son los termómetros

SANTIAGO: pero es que en si a cuánto llega la temperatura máxima de un termómetro

SONIA: a cien, ¿no?

SANTIAGO: cien, cientoveinte...

WILDER: es cien

WILDER: y éste es más grande

SONIA: entonces hasta doscientos

#### TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.5

SONIA: no porque es que ya sabemos que por ejemplo, ya asociamos que por ejemplo estamos a cero grados uno ya asocia a que es muy frio, entonces por ejemplo imagínense uno ahhh esque estamos a cero grados con un calor, entonces jummm pues.... Noooo...

SANTIAGO: por ejemplo los grados serían algo así

Sonia: Si sería como un desorden, ya que desde siempre, desde la cotidianidad es así

#### TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.6-7

SANTIAGO: y fuera de eso, pues debemos también tener en cuenta que vea que el mercurio es el que más se usa para los termómetros, entonces por algo debe ser, porque de pronto ya así como dice Sonia al subir más lento puede llegar a tomar la medida más exacta y todo para saber donde llega

LILO: que cree Juan Carlos que porque al ser más lento entonces sirve más, según lo que están diciendo los compañeros

JUAN: profe porque digamos ese sube más ligero que el mercurio, cierto? Tal vez porque pues se altera con menos grados de calor entonces por eso pues el mercurio al ser pues puede ser más espeso o no es tan disuelto entonces pues da una medida más exacta

#### **TODO LO QUE TIENE QUE VER CON CONSENSO EN EL TRABAJO, VALIDACIÓN DE IDEAS, APROBACIÓN O NO DE ELLAS**

#### TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 2

SANTIAGO: entonces como vamos a construir.....

SANDRA: yo empiezo por el rojo

SANTIAGO: no pero como lo vamos a clasificar, por figuras, colores, tamaño.

SONIA: noo que coincide con cual, por ejemplo éstas van juntas por qué? Porque el grosor de las fichas

WILDER: por eso, pero no todas son así.....

SANDRA: Nooo pero primero por que no cogemos, primero todos los colores y después ahí si clasificamos todo como el grosor... el todo eso.

SONIA: por que es que mire que hay algunas que tienen diferente color pero parecen que pertenecieran a la misma, pero no, pues..

SANTIAGO: entonces ¿por que las clasificamos?

WILDER: nooo, por color, clarooo

**SANDRA:** si por color? (todos aciertan con sus cabezas) listo.

#### **TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 4**

**SANTIAGO:** estos dos no son verdes? O amarillos

**SANDRA:** estos verdes no serian acá. O con amarillos más bien.

**WILDER:** si es que éste verde, esto está más amarillo

**SANDRA:** esto está más amarilloso

**WILDER:** no esto es verde ¿no?

**ERIKA:** esto es verde claro

**SANDRA:** entonces con éstos

**VARIOS:** eso es verde claro

**SANDRA:** entonces con estos

**SANTIAGO:** pues no se, verde también

**WILDER:** eso es verde

**SONIA:** no pero es que esta es verde. Es un verde muy claro tirando a amarillo pero no por eso deja de ser verde.

**SANTIAGO:** ya sea verde claro, oscuro eso es verde.

#### **TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 6**

**SONIA:** y entonces quien tiene más un decágono? Nadie

**WILDER Y SONIA:** nojjj y tiene que ser de éste mismo color (señalando la ficha)

**SANDRA:** éste, lo coloco acá?... no hay más "bolas" por allá

**WILDER:** pero como así, es que no las están juntado por color

**SANTIAGO Y SANDRA:** nooo

**WILDER:** claaaroo

**SONIA:** por que ya no estamos hablando de colores, estamos hablando de figuras de formas

#### **TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 16**

**SANDRA:** Pero...pero es que no es lo mismo usted tocar a éste a tocar éste.

**SANTIAGO:** Pero es madera. Pues vamos a clasificar es por...

**SONIA:** pero dijimos primero que era por...por...textura.

**SANDRA:** Si por textura. Entonces, serian éstos aca y los brillantes a otro lado. Y este...porque es lo mismo.

Éstos son lo mismo que éstos. Toque y vera.

**SANTIAGO:** Si, si es igual vea que no es tan...

**WILDER:** ¿Y éste no...éste no es de pasta?

**SANDRA:** Noo.

**WILDER:** Sii. (risas) ¡Claro!

**SANDRA:** No.

**WILDER:** Cómo que no.

**SANDRA:** No. Éste madera, éste...éste es plástico.

**ERIKA:** Pero...pero éste se siente más...más rugoso que éste.

**SANDRA:** Eso si es verdad.

#### **TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 18**

**LILO:** Entonces comencemos con este color, ustedes clasificaron por: Azul, amarillo, blanco, rojo, naranja. Bueno, entonces según eso, ¿ustedes pueden ordenar de mayor a menor?

**SANTIAGO:** Si,

LILO: Esa clasificación que hicieron.  
SANTIAGO Y ERIKA: la figura, por que hay unas más grandes, más pequeñas, otras medianas.  
SANDRA: Si vio, lo que yo dije ahorita.  
SANTIAGO: Por ejemplo vea ésta.  
WILDER: no yo digo que no se puede  
SANDRA: ahh si  
LILO: entonces el color, empecemos con la primera. El color.... Puede ser ordenada de mayor a menor????  
WILDER: (hace gestos con la cabeza de que no puede ser ordenado)  
LILO: WILDER dice que no ¿por qué?  
WILDER: profe porque dice que estamos hablando de los colores, ¿no??  
SANDRA: no (afirmación)  
SONIA: si pero hay varios tipos de colores, aca y si se puede, porque mire ese azul  
WILDER: pero usted como va a decir por ejemplo que el azul es mayor y que el amarillo es menor, eso con que criterio uno lo hace  
SANDRA: no por que es que son en las figuras, entoces por ejemplo  
SANTIAGO: pero estamos hablando es del color la figura es lo que sigue  
WILDER: si solamente los colores en si, todos los colores  
SONIA: pero estamos hablando de todos los colores en general  
WILDER: uno como vaaa.. (interrumpe y responde) normal  
LILO: recuerden la clasificación que hicieron ahorita  
WILDER: el color, (alza la voz para contrarestar a sus compañeros) el color, es que nosotros solamente clasificamos los colores  
SANDRA: pero vea que si hay uno mayoor....  
SONIA: nooo porque es que podemos coger los colores primarios y los secundarios  
WILDER: Ahh ya (dice dudoso)  
LILO: hay que ordenar de menor a mayor... escuchen lo que está diciendo WILDER  
SANTIAGO: noo pero es que no, como van a ordenar un color de mayor a menor  
SANDRA: no se puede  
WILDER: eso que el azul va primero, que el amarillo después si nosotros solamente lo colocamos por colores, nosotros no lo estamos midiendo por figuras ni nada  
SANTIAGO: nosotros no sabemos que color va primero

### **TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 5**

SANDRA: nooo  
LILO: se puede ordenar  
SONIA: siiii, fuera..... deee  
SONIA Y SANDRA: cartón, madera y plástico  
LILO: y se puede ordenar  
JUAN: si  
WILDER: y como lo va a ordenar  
SANDRA: no, pa mi no  
SANTIAGO: también depende, porque de pronto  
LILO: porque dices tu que si (señalando a santiago)  
SANTIAGO: la mayor de cantidad de madera, después sigue más o menos  
SANDRA: pero es que estamos hablando de material no de cantidad  
JUAN: pero también puede ser de material por que la madera se sabe que es más fina que el carton.. a no que el plástico y el plástico se sabe que es más fino que el carton.... Ya me entienden.  
WILDER: no, nooo, yo no creo

JUAN: claro, se puede clasificar por el material pille  
WILDER: Pero cual es el mayor  
JUAN: la madera es más ....  
LILO: eso que está diciendo juan carlos es muy importante  
JUAN: lo del material?  
LILO: si  
JUAN: primero la madera, luego el plástico y por último el cartón  
LILO: pero lo que tu estabas diciendo de la madera, que estabas diciendo  
JUAN: para mi es más fina  
LILO: osea que tu ordenación sería por lo....  
JUAN: una, una,,, demás que hay varias ordenaciones  
LILO: .... Por lo más fino. Osea empezar por lo más fino. Lo más fino sería lo menor o lo mayor  
SANDRA Y JUAN: lo mayor  
JUAN: o también puede ser por el peso, porque la madera pesa más que el plástico y el plástico pesa más que el carton, o bueno da lo mismo, da igual

#### **TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICO pag. 1**

TATI: ¿Qué tipo de acciones pueden alterar el grado de calor de un objeto o un líquido?  
SONIA: el cambio  
SANTI: si esto se pone más caliente o más frío  
SONIA: si pues el cambio de temperatura ya sea pues...  
WILDER: pero es una acción, una acción  
SANTIAGO: ya sea frio o caliente  
WILDER: osea que hay que por ejemplo  
SONIA: sii... osea que también puede ser al ambiente, ya me hago entender... o ya sea a un objeto, a un aparato o al ambiente  
WILDER: pero es que es una acción, una acción, que se le hace, para que se le altere.  
SONIA: ¿Qué tipo de acciones pueden... acciones... (piensa un poco)

#### **TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICO pag. 8**

TATI: dependiendo del tubo también  
SANTIAGO: o también depende de dónde esté, porque obviamente si lo ponemos al sol se va a calentar más fácil la olla  
SONIA: pero yo estoy diciendo en la misma temperatura, por ejemplo, tenemos... supongamos ésta coca (hace referencia a la cubeta con hielo) sin el hielo, ésta coca sola y una olla ¿cuál va a estar más frío?  
SANDRA, SANTIAGO, TATI, SONIA: la olla  
SANTIAGO: depende de su estado  
SONIA: por eso  
SANTIAGO: si lo ponemos...  
SONIA: es que están en el mismo lugar...  
SANTIAGO: por eso, si los ponemos ambos al sol se va a calentar más fácil la olla  
SANDRA: por el material  
SONIA: sii... pero de todas manera el estado natural, yo estoy hablando del estado natural, natural al ambiente ¿cuál es más frío? La olla, entonces cuando uno calienta por ejemplo la

aguapanela se enfría más rápido en la olla que en la coca, pues... no se... y ustedes que dicen  
WILDER: pero es que ahí no dice, cuando acaba de hervir, después lo pueden echar a otra cosa para que permanezca más tiempo caliente, por ejemplo en una botella de litro, porque el plástico es todo delgadito y ahí permanece más tiempo caliente  
SONIA: usted por qué dice, porque es más delgadito  
WILDER: claro  
SONIA: ¿o sea que si uno pone una aguapanela en un recipiente más grueso se va a enfriar más rápido?  
WILDER: noo, no se si se va a enfriar más rápido pero si se que dura más en el plástico delgadito, yo creo  
SONIA: pero por qué?  
JUAN: si porque cuando le sirven a uno un tinto en un pocillo... en un vaso desechable eso dura uff... eso se quema uno, en cambio le sirven a uno en una taza que es más gruesa, una taza de loza y eso se enfría de una

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.4**

LILO: cuál fue el que dijeron que subía con el frío?  
SANDRA: el agua con azúcar, el rosado  
LILO: este era el que subía con el frío?  
SANDRA: sí  
SONIA: tati pero éste sube más rápido (se refiere al agua con alcohol) porque tiene agua con alcohol

En el hielo se encontraba aún el termómetro que contenía el agua con azúcar, por lo cual luego de la pregunta a Sandra se introduce éste en el agua contenida en el recipiente que se encontraba sobre la parrilla. Al hacer esto las chicas que se encontraban allí observan detenidamente

TATI: ¡ay no! está subiendo (refiriéndose al termómetro que contiene agua con azúcar)  
SONIA: ¿está subiendo? ¿Y cuál es ese?  
SANDRA: el agua con azúcar  
TATI: ¡y sube muy rápido! Más rápido que el alcohol  
SANDRA: mire este es agua con alcohol y éste agua con azúcar, entonces corrija Tatiana (se refiere a corregir lo que habían concluido de la observación anterior, cuando introdujeron los termómetros al hielo)

#### **TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.1**

LILO: y porque decidieron dividirlo así  
SANTIAGO: profe pues, primero eh...  
JUAN: lo dividimos de a veinte, y ya queda pues queda muy grande porque entonces si digamos uno fuera a medir una temperatura y quedara por aquí era más difícil, en cambio así es más fácil de ubicar a qué grado de calor está  
SONIA: profe, yo tengo un pregunta, osea que el termómetro solamente tienen la capacidad de medir hasta ochenta grados no más? Osea no puede medir otra temperatura más alta?  
SANTIAGO: si pero nosotros tomamos como referencia ...

JUAN: porque solo subió hasta acá  
SANTIAGO: no ya que también pues... ensayamos primero con cien pero no nos daba la división de todo  
JUAN: porque igual solamente había subido hasta acá, y si sería cien tendría que haber subido hasta acá  
SONIA: si pero pues, como puede haber unas temperaturas más altas a la que...pues que cuando hervimos el agua, puede haber temperaturas mucho más altas

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.9-10**

La profesora hace una variación y es construir las cantidades de agua a grados de calor diferente, ante ésta opción la estudiantes Sonia, da una idea sobre los colores del baso

Sonia: pero ponga la más caliente en la roja y la más fría en la blanca, por el color del vaso, si para saber ¿no? Caliente, tibia y fría

SANTIAGO: yo les propongo algo, vamos es a buscar de cada termómetro, ¿cierto? Hay que hacer por separado o todas en una, diferentes

Sonia: ¿cómo vamos a hacer esas tablas? Pregunto

**TODO A LO QUE LOS ESTUDIANTES SE REFIEREN DE TEMPERATURA, CALOR**

**TRANSCRIPCIÓN. Los sentidos en los procesos de Clasificación de Magnitudes pag. 2-3**

LILO: recordemos que habían algunos objetos al medio ambiente

Sandra los señala uno a uno en la fila que ellos dispusieron.

SANTIAGO: el agua, el alcohol, el tubo (plástico), la madera

LILO: y que estuvieran al medio ambiente que significaba

SONIA: Que siempre permanecían con esa temperatura ¿no?

LILO: Con cual temperatura

SANTIAGO: con la que es propia de de la madera o el tubo

TATI: o la del ambiente

LILO: (REAFIRMANDO LO DICHO) con la propia de la madera?

SONIA: siii. Con la propia de la madera, en cambio por ejemplo ésta (señala la cubeta con agua caliente) la tiene alterada. Porque el agua de allá (señala a un vaso con agua al medio ambiente) es la de la temperatura de ella como tal, pero aquí está alterada

WILDER: la del hielo también

SANTIAGO: y acá (señala la cubeta con hielo) que ya se está derritiendo...

SONIA: ... bajo cero

SANTIAGO: demasiado

LILO: y por qué bajo cero

SONIA: para poder congelar tiene ser niveles bajo cero, pues muy bajos.

**TRANSCRIPCIÓN. 21 feb. Cotidianidad como Parte Histórica de la construcción de coto. Pág.2**

WILDER: meter agua en la nevera

LILO: para qué

SANTIAGO Y VARIOS: para que se enfríe

SANDRA: para que se congele

SONIA: porque está líquida entonces como está a una temperatura muy, muy, muy, muy bajita se congela

TATI: entonces llega a estado sólido

**TRANSCRIPCIÓN. 21 feb. Cotidianidad como Parte Histórica de la construcción de coto. Pág.2**

LILO: cámbienle el grado de calor a esa cuchara

SONIA: caliente o frío

WILDER: como usted quiera

LILO: cámbienle el grado de calor

Sonia, echa la cuchara en la cubeta con agua hervida

LILO: cómo era el grado de calor de esa cuchara antes

TATI Y SANDRA: temperatura ambiente

SONIA: no más bien fría,

SANTIAGO: fría, pero en temperatura ambiente

SONIA: temperatura ambiente porque como eso es un metálico o un aluminio tiende a estar muy frío. Esa es la temperatura de ella al ambiente, pues de ese tipo de

SANTIAGO: de objeto...

SONIA: si de objeto

WILDER: osea la temperatura de ella

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.1**

LILO: físico, y por ejemplo dos cosas que están al mismo grado de calor si se ponen en contacto ¿suben el grado de calor?

WILDER: queda con el mismo, porque no hay una que tenga mayor grado que otra

LILO: entonces para alterar el grado de calor que debe suceder cuando se ponen en contacto

WILDER: que tengan diferente grado de calor

LILO: y quién se afectaría más

WILDER: la que tiene mayor, le toca regalarle a la que tiene menor,

JUAN: compartirla

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.2**

Antes de ésta respuesta se había puesto en consideración, lo que sucede con el líquido confinado en el bulbo del instrumento. No habían observado aún lo que sucede cuando lo introducían en el

hielo y luego al tomarlo en la mano.

LILO: entonces para qué será ésta coca con agua que se debe poner en el fogón y ésta con hielo  
SONIA: para mirar los extremos de la temperatura ¿no?, para mirar como a qué temperatura se puede salir el líquido que hay aquí adentro

#### TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.4

JUAN: profe, si ve, éste lo volví a subir otra vez (un termómetro que tenía en la mano), vea hasta donde lo subí ya

SANDRA: pero en el hielo se baja

JUAN: y mévalo al hielo otra vez y vea cómo se baja

WILDER: pues eso se sabe, el hielo le roba toda la energía y todo el calor

LILO: el hielo le roba qué?

WILDEER: todo el calor

SONIA: lo inactiva ¿no? El hielo lo inactiva (esto lo dice la estudiante refiriéndose a los termómetros que se encuentran en el recipiente con hielo, ante la necesidad de explicar lo que están observando)

LILO: inactiva qué

SONIA: el líquido, pues no permite que suba

WILDER: no permite que se junten entre las partículas

LILO: Lo inactiva, no permite que suba. Wilder qué es lo que estás diciendo? Que no permite que las partículas que

SANTIAGO: pero que del frío no pueden.... (el estudiante hace señas de cómo sería el movimiento de las partículas que componen el líquido) en cambio con el calor sí

WILDER: con el calor todos se dispersan

#### TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.5

SANDRA: el mercurio subió, no pero suben más bueno los otros

SONIA: sube más el agua con azúcar que todos los otros

WILDER: o sea que el agua con alcohol y el azúcar tienen mayor grado de...

SONIA: ebullición

WILDER: no, mayor grado de calor que los otros

SANDRA: no, no, no, pero está subiendo más el del alcohol que el del agua con azúcar

WILDER: por eso, el que suba más es porque tiene mayor grado de calor

SANTIAGO: éste es agua con alcohol

TATI: agua con alcohol y va perdiendo más su color azul (toma apuntes de éstos datos)

SANDRA: (saca el termómetro de mercurio lo observa y expresa su apreciación) el mercurio se demora mucho, el que más se demora con el agua caliente es el mercurio

WILDER: ese es el que tiene menos grado de calor entonces

SANDRA: y el que baja más rápido con el hielo es el mercurio (esto lo dice en forma de interrogante a su compañero Wilder, quien ya no contesta)

#### TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.6

SANTIAGO: uyyyy ésta si baja rápido

JUAN: ayyyy profe si pilla,  
WILDER: es que está perdiendo todo el calor

#### TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.8

Los estudiantes se acercan donde el agua esta hirviendo e introducen allí a sus termómetros empiezan a observar, amontonándose todos alrededor, discuten acerca de cuál líquido asciende más rápido, y empiezan a colocar cintas adhesivas a aquellos termómetros que observan que llegan a su punto máximo y se quedan estáticos. En los siguientes fragmentos algunos relatos que reflejan dicha discusión

TATI: y sube más rápido el agua con azúcar ya está que alcanza a los otros que estaban mucho más rato

#### TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.8

SANDRA: vea los cuatro termómetros dibujados y  
TATI: y luego señalamos, a los cinco minutos llegamos hasta cierta parte, luego después de los cinco minutos llegaron hasta ésta otra cierta parte

#### TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.13-14

TATI: entonces cómo lo hacemos?  
SONIA: no sigamos haciéndolo así, y siga extendiendo un poco más para arriba  
TATI: y para que para arriba si solamente llegó hasta esto.  
SONIA: pero es que esto puede seguir midiendo más temperatura, osea esto solamente midió..  
SANDRA: lo del agua  
SONIA: lo del agua, pero yo creo que tiene más capacidad para medir mas, temperaturas más calientes, porque es que eso no es lo más caliente que puede haber, hay cosas mucho mas calientes

Más abajo continúan con una observación similar a la anterior

SONIA: si porque no, le hacemos todo, porque mire que tienen la capacidad de medir máximas temperaturas y mínimas temperaturas, porque pueden haber cosas más frías que el hielo

#### TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.13-14

SANDRA: en cambio este cero es acá, éste está, digamos que el agua está a noventa grados, cierto, y éste de cero que empezó, subió hasta acá, hasta cientoquince grados, y éste subió hasta aca, entonces... de aquí hasta acá tiene que tener cientoquince grados  
TATI: y ahí después hay que darle una explicación, de porque éste sube más que éste. Por qué, porque son de diferente contenido, tienen diferente cosa, que puede sorber más calor que otra

#### TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIMERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.2

LILO: Juan Carlos mencionó ahorita una cosa, que hasta aquí donde tu señalaste, hasta ahí subía la temperatura, entonces qué subió hasta ahí ¿la temperatura?  
SANTIAGO Y JUAN: noooo

SANTIAGO: el líquido subió hasta acá  
LILO: por qué subió hasta ahí el líquido?  
JUAN: por el calor

TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIMERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.11

LILO: una pregunta para todos para medir el siguiente estado o la siguiente cantidad de agua qué se debe hacer con esos termómetros  
Sonia: para medir qué  
LILO: el siguiente, lo meten así como está ahí?  
SANTIAGO: no hay que dejarlo a que coja la temperatura ambiente  
Sonia: hay que bajarlo a la temperatura estable de él  
WILDER: a temperatura ambiente  
LILO: aja, por qué  
SANTIAGO: porque si no esto ya va a seguir....  
Sonia: no porque es que ya tiene la temperatura que atrapo pues que midió de éste, igual va a seguir con ésta temperatura entonces no tendría sentido  
ERIKA: la máxima que tenía en el líquido

Sonia: a pero es que hay que mirar que todos los termómetros no tienen la misma escala, entonces ahorita tenemos que coger una escala en general para todos

TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIMERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.16-17

LILO: miren que ustedes me decían que cuál era la diferencia entre calor y temperatura  
WILDER: temperatura es la cantidad o sea en si el número  
LILO: y que sería el calor  
SANTIAGO: lo que éste proporciona  
LILO: lo que quien proporciona  
SANTIAGO: pues si, el agua y el... (señala el termómetro )  
LILO: miren lo que Santiago está diciendo y Wilder, temperatura es la cantidad, el número que se da y calor es lo que.... Que es lo que estabas diciendo Santiago  
SANTIAGO: lo que proporciona el líquido  
LILO: lo que el líquido proporciona a...  
SANTIAGO: al termómetro

LILO: volvamos a retomar lo que estaban diciendo ellos dos, entonces ustedes me habían pedido que entonces cual era la diferencia entre calor y temperatura, entonces Wilder dice es que la temperatura es como lo que.... El número cierto? y Santiago nos está diciendo el calor para mí, es lo que le suministra ¿quién? El líquido o donde se ponga el termómetro, que más se puede aportar frente a eso  
SONIA: es que la temperatura es como.... Es que es casi igual sino que calor tiende a ser la energía, a ser más... y la temperatura es como la cantidad de...  
WILDER: energía... de calor. Es que energía es lo mismo que calor, es lo mismo  
LILO: porque recuerden lo que también me dijeron, que cuando el termómetro lleva mucho tiempo ahí está en... cómo me dijeron?

SANTIAGO: en equilibrio  
LILO: ustedes me dijeron, que tiene la misma temperatura que esa agua que esa agua que hay ahí metida ¿cierto? Entonces la temperatura es como que, la búsqueda de qué  
SANTIAGO: del equilibrio  
LILO: yo voy a medir la temperatura y tengo que esperar, esperar a que, esperar a que se equilibre y el calor? Que es lo que genera que esto suba o baje, qué es lo que genera eso  
WILDER: la energía  
SANTIAGO: el contacto  
LILO: el contacto.... Y con el contacto que se genera  
SANDRA, SANTIAGO: energía....

### RESPECTO A DAR NUMEROS EN LAS MEDICIONES, IDEAS SOBRE EL MEDIR, COMPARA, ASIGNACIÓN NUMÉRICA A CANTIDADES O PROPIEDADES

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 3

LILO: y si nos dijeran, por ejemplo, que cuanto vale..... por ejemplo juan carlos, que cuanto vale el grosor de esa amarilla con respecto a la roja.  
JUAN: ¿esto?  
LILO: sí  
JUAN: este vale 10 centímetros.  
LILO: pero sin haberlo medido (en esta parte me refiero a no haber utilizado la regla, no remitirse a lo que ya conocíamos, debido a que encima de la mesa contábamos con regla, y el comparó la ficha con la regla, le hice señas de que no debía medir)  
JUAN: ahhh, entonces yo no se  
LILO: usted que haría para decir eso.  
SANTIAGO: medirlo  
JUAN: medirlo  
LILO: sin tener reglas, sin tener nada. Qué podrían hacer ustedes  
SANTIAGO: hacer como una especie deee, pues, como ... suponiendo que ésta mide ¿sí? 2cm y ésta 1cm  
LILO: pero quien le dijo a usted que era 2 cm.  
SANTIAGO: no pues suponiendo  
LILO: y si no conociéramos los centímetros ni nada como hacemos para darle un valor a esto.  
SONIA: que una está más gruesa y otra más delgada, entonces se compara la mas gruesa con la más delgada entonces la mas gruesa va a ser mayor por que estamos mirando el grosor.  
SANTIAGO: pero cuánto, el cuánto es el que vale  
SONIA: va a ser mayor el que esté más grueso y el que... va a ser menor el que esté más delgado.  
LILO: y cuantas veces más menor es ese circulito que tiene ahí  
SANTIAGO: vea por ejemplo ésta, está dos veces más....

SONIA: ésta??? Cuatro veces menor, por que hay tres fichas atrás, pues siiii  
LILO: osea que si juntamos cuatro de esas nos va a dar como resultado la primera azulita que tiene  
WILDER: siiiii, claro  
SONIA: si de pronto. Si, si  
JUAN: puede ser  
LILO: ¿SI?  
SONIA: de pronto exactamente? nooo yo creo si, si  
LILO: si da exactamente  
JUAN Y SONIA: casi, casi  
SANDRA: (dudosa) no, a ver, es que esta....  
SANTIAGO: exacta, exacta, exactamente no, pero si queda muy similar, un poquito, tal vez por milímetros  
SANDRA: (reafirma) casi, (y señala lo que sobra) un pedacitico de nada  
SONIA: casi pero no casó

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 4-5

Todos los estudiantes empiezan a palpar las fichas, y entre si se empiezan a preguntar si es liso o rugoso y comparten sus percepciones. En ocasiones se dirigen a la docente para encontrar una aprobación o desaprobación respecto a las decisiones tomadas

SANDRA: cuál es más liso?  
JUAN: (señala a todos) este es el último, yo no se. Profe listo mírelo....(el observa que otros compañeros hicieron una ordenación distinta y dice) pues para mi es así. Más lisito éste, después éste un poquito y ya éste más rugoso y todo tieso ahí.  
LILO: bueno esa es la ordenación que hizo juan carlos, vamos a ver que otra ordenación nos resulta  
SANDRA: mírela profe  
LILO: y cuál es tu explicación  
SANDRA: liso, más o menos.... No profe  
WILDER: regular  
SONIA: No semilisa, semilisa  
SANDRA: lisa, semilisa  
JUAN: semirugosa y rugosa  
SANDRA: rugosa y ya Del todo rugosa  
LILO: cuál fue la rugosa suya juan carlos, (el señala en su ordenación) y miren si coinciden con las mismas clases de fichas de ustedes dos  
WILDER: siiii, es que la de carton es la más rugosa  
LILO: la de juan carlos tiene cuatro clasificaciones y la de Sandra tiene...  
SANDRA: una, dos, tres... tiene cinco clasificaciones  
LILO: Sonia, ya las clasificó  
SONIA: si, lisa, semilisa, semirugosa y rugosa  
LILO: Bueno, yo estoy diciendo cuatro clasificaciones, ¿eso si serían cuatro clasificaciones? O que serían  
JUAN: no eso sería cuatro diferentes...  
SANTIAGO: cuatro diferencias de

JUAN: de si es rugoso o no  
LILO: de rugosidad, osea varios tipos de rugosidad  
VARIOS: asientan lo que dice LILO diciendo "aja"

**TRANSCRIPCIÓN. 21 feb. Cotidianidad como Parte Histórica de la construcción de coto. Pág.4**

Santiago y Sonia, realizan la actividad, le echan hielos al vaso y luego Tatiana les indica que al otro vaso con agua que también estaba al ambiente, le agreguen agua caliente

TATI: y a éste se le puede echar un poquito de ésta agua caliente

SONIA: (toca el agua del vaso con hielo) ahh, ya ésta se enfrió

LILO: y esa que está haciendo Santiago

SANTIAGO: está más calientica

TATI: está tibia (**ESCALAS NATURALES, QUE SE UTILIZAN EN COTIDIANIDAD**)

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIMERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.12**

**SONIA: entonces venga, en agua caliente el agua con azúcar duró dos minutos y 40 grados, el agua con alcohol lo sometió Santiago en dos veces y una vez minuto y treinta y subió hasta treinta grados, el otro cuatro minutos y subió a 42 grados. El mercurio dos minutos y subió 20 grados, el aceite de almendras dos minutos y 180 grados**

LILO: y ésta pregunta para todos, ¿por qué grados?

SANTIAGO: porque es el que más se conoce, pues

TATI: el que más utilizamos

SANTIAGO: también hay Fahrenheit,

Sonia: Kelvin, Fahrenheit

LILO: y la temperatura tiene que ser en grados

VARIOS: noo

LILO: porque serían grados?

VARIOS: porque nosotros lo escogimos

LILO: pues ustedes aquí porque lo escogieron, y me están diciendo porque es el que más utilizan y ustedes que creen que qué paso para que eso se llame grados... osea tenía que ser grados, ya la temperatura venía con ese nombre de grados

Sonia: no eso se lo inventaron

**COMPARACIONES, MEDICIONES**

**TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 4**

SANTIAGO: podemos clasificarlo por la figura

LILO: otra clasificación diferente

SANTIAGO: diferente tamaño

LILO: si me dicen figura no se pueden basar en el tamaño, por figuras, entonces clasifiquen por figuras.

SANTIAGO: por figuras, es que hay cuadrados, triángulos

SANDRA: pero es que hay que hacer así. (las compara entre sí)

WILDER: pero los separamos de una vez

SONIA: pero es que no , igual... este no pertenece al mismo (señalando dos fichas que para ella eran

diferentes)  
**SANTIAGO:** hay cuadrados, hay triángulos, hay círculos. Esto es un cuadrado pero un poquito ovalado.  
**SONIA:** bueno entonces esto que, esto que no tiene formas que  
**WILDER:** pero es que esto es un rombo

#### TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 9

*A partir de éste momento los estudiantes empiezan a separar las fichas, comparándolas entre si, y en los intermedios se hacen preguntas para entre todos, acertar y concertar respecto a qué sitio le corresponde a cada ficha.*

**SANTIAGO:** Bueno, éstos.  
**SANDRA:** éste va acá, éste va acá.  
**SANTIAGO:** No, juntemos todos y vamos sacando.  
**WILDER:** Pero...diferentes figuras?  
**SANTIAGO:** vea. (el estudiante compara dos fichas juntándolas, para ver cuál es más delgada)  
**SANDRA:** Esto es más bajito.

#### TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 12

**LILLO:** Bueno. Y ustedes estaban haciendo algo muy importante. Que... ¿qué fue lo que ustedes hicieron para poder clasificar eso?  
**SANTIAGO:** Medir. Pues...como...  
**WILDER:** Medir, claro.  
**SANTIAGO:** Comparar.  
**SANDRA Y SONIA:** Igualar.  
**SONIA:** Sí, compara que si sean iguales. Sea uno los pone y los junta y que...que no haya tanta diferencia. O sino no pertenecía.

#### TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 16-17

**SANDRA:** Ésta se siente más que ésta. Y ésta se siente más que ésta.  
**LILLO:** Entonces pongámosle a ésta, qué: el liso, muy liso.  
**SANDRA:** Si.  
**LILLO:** Y entonces, muy liso...  
**SANTIAGO:** Semiliso, liso, Semiliso y liso con... y liso. Éste es liso.  
**LILLO:** ¿Y semiliso?. Bueno. Y ustedes me dijeron material. Sin necesidad de hacerlo, porque éste si es más fácil de ver.

#### TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 19

**LILLO:** vayan ustedes pensando en el grosor  
**SANTIAGO:** el grosor si se puede ordenar  
**WILDER:** pero no..... ahhh si si, si se puede  
**SANDRA:** pero de mayor a menor, claroooo.. o de menor a mayor  
**WILDER:** entonces éste es el mayor y este es el menor  
**SANTIAGO:** no, este es mas grueso, éste es mas grueso que éste  
**WILDER:** cisas y estes sería el menor  
**SANTIAGO:** el grosor si. Este es mas, más  
**SANDRA:** más grande  
**SONIA:** más gordo

SANDRA: éste no casa con éste?

SANTIAGO: no es que hay varios. Aquí ya hay una variedad de grosores. Vean.

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 1

Del color que fue lo que dijimos, se puede ordenar o no se puede ordenar?

WILDER Y SANDRA: no no se puede ordenar.

LILO: por qué?

SANDRA: por que uno no puede decir que el azul es mayor que el rojo o el amarillo es mayor que el azul, noooo eso es como un mismo.....

LILO: y que es lo que me decían de los azules, solamente

SANDRA Y A LA VEZ SANTIAGO: que el azul oscuro, azul claro, y el azul, azul

SONIA: o sea si se pueden clasificar (al leer el contexto de ésta explicación que hace la estudiante, se puede evidenciar luego que ella utilizó la palabra clasificar para referirse a la acción de ordenar) pero si es de la misma categoría, pues en general los azules, o sea, se va desvaneciendo el color, pero si vamos a mirar a todos los colores en general, no. Porque no sabemos cual es mayor, como podemos decir que el rojo es mayor que el azul. Nooo

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 2

LILO: entonces miren el proceso que ustedes estaban haciendo para formar esas escalas, que fue lo que ustedes hicieron para saber quienes eran mayoor, quién le sigue.

SANTIAGO: medir

SANDRA: medir

LILO: que están haciendo entre ficha y ficha. Por ejemplo, Juan Carlos que está haciendo entre ficha y ficha.

JUAN: grosor, ¿no?

LILO: pero que esta haciendo para saber cual es la mayor

SONIA: (contesta en voz baja) comparar

JUAN: comparar, comparar el grosor y como una especie de escala

WILDER: y disminuyéndolo

LILO: e irlo disminuyendo, o sea, ustedes lo están haciendo de mayor a menor

JUAN: o de mayor a menor, que es lo mismo

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 4

SANDRA: no por que comparar seria como mirar y medir ya es uniendo las....

JUAN: profe es que medir es como ir ya un resultado exacta y comparar uno no sabe, pues queda uno como... casi si pero no

WILDER: comparar es no estar seguros

JUAN: no estar seguros del resultado y no solamente de eso

SONIA: comparar es mirar las diferencias

JUAN: si me entiende, uno está buscando algo y el resultado no va a ser exacto, pues....tal vez si y tal vez no pero en cambio uno midiendo sabe que ese es y ya.

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 5

LILO: y que... con qué se mide por ejemplo

JUAN: con una regla

LILO: tiene que ser con una regla

JUAN: no con un metro  
SANTIAGO: no profe, por que también podemos con las mismas figuras como hicimos para éste  
JUAN: eso con las mismas figuras  
LILO: con las mismas figuras?  
SANTIAGO: para saber si éste puede llegar a ser igual a éste juntamos cierta cantidad  
JUAN: hay muchas formas

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 5

LILO: osea que tu ordenación sería por lo....  
JUAN: una, una,,, demás que hay varias ordenaciones  
LILO: .... Por lo más fino. Osea empezar por lo más fino. Lo más fino sería lo menor o lo mayor  
SANDRA Y JUAN: lo mayor  
JUAN: o también puede ser por el peso, porque la madera pesa más que el plástico y el plástico pesa más que el carton, o bueno da lo mismo, da igual

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 6

SONIA: aja, es que usted está comparando.....  
SANTIAGO: es que usted está comparando un tronco de madera con una botella, pues...  
SONIA: usted está comparando un tronco de madera con una botella, es como decir que vamos a poner un boxeador a pelear con un niño de preescolar  
JUAN: pero métale un cuchillazo a esa misma, pues como dice Santiago que el mismo volumen de madera y a la madera no le va a entrar en cambio al plástico de una se rompe  
SONIA Y SANDRA: nooo  
JUAN: con un cuchillo... va a decir que no?  
SANTIAGO: nooo, si son macisos no  
JUAN: pero rompe más al plástico  
LILO: Pero él lo que esta diciendo es que sean macisos  
SANTIAGO: de la misma cantidad  
LILO: pues el criterio es el cuchillo. Si son macisos los dos a cual puede que le entre más fácil  
SANTIAGO: a la madera  
SANDRA: a la madera le entra más fácil  
SANTIAGO: usted a la madera le manda el machetazo y de una le corto  
SANDRA: de una raja  
JUAN: ahhh es que un machete, no pues una motosierra  
SANDRA: O un cuchillo también

#### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 6

SANDRA: el color: no. Por qué.  
SANTIAGO: por qué? Porque no podemos, pues si, como comparar a pues saber cual es mayor entre verde y rojo

#### TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 1

SONIA: si, también en ambas, pues uno antes de clasificar antes mira las diferencias y luego mira las semejanzas, entonces las que tengan más y luego ahí si las clasifica

LILO: Y como así que uno primero mira las diferencias y luego las semejanzas, un ejemplo.  
SONIA: un ejemplo. Con las figuras que estábamos viendo supongamos que estábamos viendo la textura, pues la clase de material que era entonces por ejemplo nosotros mirábamos que de cuales habían entonces las diferencias y ya luego buscábamos las parecidas y ahí si las clasificábamos entonces uno mira ambas

#### TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 1-2

SONIA: si, también en ambas, pues uno antes de clasificar antes mira las diferencias y luego mira las semejanzas, entonces las que tengan más y luego ahí si las clasifica

LILO: Y como así que uno primero mira las diferencias y luego las semejanzas, un ejemplo.

SONIA: un ejemplo. Con las figuras que estábamos viendo supongamos que estábamos viendo la textura, pues la clase de material que era entonces por ejemplo nosotros mirábamos que de cuales habían entonces las diferencias y ya luego buscábamos las parecidas y ahí si las clasificábamos entonces uno mira ambas

#### TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 2

SONIA: que cuando uno mira: ahhh ésta esta igual, entonces por ejemplo uno coge una que no está igual entonces: ahhh esta no sirve; eso es una diferencia. Entonces uno no puede comparar si uno no mira la diferencia, entonces deben estar como las dos unidas

#### TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 4

SANDRA: Yo profe digo que la primera, ¿por qué? Porque primero como en clasificación entonces uno mira todo, uno mira como todas las figuras, puede mirar figuras, películas como dijimos ahí, entonces ya ordenar sería como, ya al uno clasificar ya sería ponerle orden a las cosas para que así queden las cosas más fáciles.

LILO: y que sería ponerle orden

WILDER: organizarlas

LILO: qué sería organizarlas

SONIA: hacer una secuencia de eso. Por ejemplo las películas usted las clasifica y entonces tiene las de miedo, las de ficción, las de risa, entonces ya las tiene ahí y ordenarlas sería: primero voy a poner las de miedo, luego las de risa, luego las de ficción...

LILO: y por qué primero las de miedo y no las de risa

JUAN: puede ser porque digamos ahhhh le gusta más la de miedo, entonces primero ésta, y después me gusta más la de risa y así

SONIA: eso también depende de los criterios que tenga la persona

JUAN: dependiendo de los criterios de la persona

SONIA: si, de la persona que vaya a dar la clasificación y la ordenación

#### TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 4

LILO: y siguiendo esa afirmación, ahora vamos a ordenar

JUAN: no, pues es lo mismo, pues también es ordenar por que aquí vamos a ordenar aquí los cuadrados y aquí los triángulos

TATIANA: es que es lo mismo clasificación y ordenación es lo mismo

SONIA: No porque es que, clasificación es que pertenezca a una misma categoría y ordenación es

JUAN: (interrumpe)... lo mismo

SONIA: noooo, es lo mismo...

SANTIAGO: es ponerlos en un mismo sitio

SONIA: en cierto sitio ubicándolos de manera correcta para que se vea ordenado, mientras que la clasificación es que pertenezcan al mismo grupo

SANTIAGO: por ejemplo, clasificamos las cosas, entonces para ordenar podemos tomar los triángulos de mayor a menor eso es como... Midiéndolos igual que como los cuadros tiene que ser igual misma figura, mismo material para que pueda ser medible.

#### **TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 5-6**

VARIOS: si, claro...

LILO: y por qué se puede medir el grosor

SANTIAGO: porque sabemos que hay uno más ancho que otro.

LILO: y cómo sabemos que hay uno más ancho que otro

SANTIAGO Y VARIOS: comparando

WILDER: Visualizando

JUAN: midiendo

LILO: bueno entonces medir qué sería, los colores ustedes me dijeron que no se pueden medir...

JUAN: medir en sí es una comparación

#### **TRANSCRIPCIÓN 17 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 7**

LILO: bueno entonces, al terminar todo esto, ordenar y clasificar es lo mismo?

VARIOS: nooo

LILO: qué se hace primero

VARIOS: clasificar y luego ordenar

LILO: y que es medir

VARIOS EN VOZ BAJA: comparar

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.7**

SONIA: le ponemos una cinta... vea midamos con un lápiz y le ponemos una cinta a cuanta distancia hay mas o menos y después se la sumamos y miramos donde quedó cada uno y ahí nos damos cuenta cual subió más. Puede que ese está muy subido pero el otro está totalmente bajado lo ponemos y puede que éste halla subido más y que el otro quede más bajito que éste, sino que lo medimos a ver cual sube más

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.13-14**

TATI: entonces cómo lo hacemos?

SONIA: no sigamos haciéndolo así, y siga extendiendo un poco más para arriba

TATI: y para que para arriba si solamente llegó hasta esto.

SONIA: pero es que esto puede seguir midiendo más temperatura, osea esto solamente midió.

SANDRA: lo del agua

SONIA: lo del agua, pero yo creo que tiene más capacidad para medir mas, temperaturas **más**

calientes, porque es que eso no es lo más caliente que puede haber, hay cosas mucho más calientes

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.14**

SONIA: éste sube mucho ¿no?, entonces puede medir mucho. Mire que este subió más poquito entonces tiene menos capacidad de medir temperatura, si me hago entender

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.16**

SONIA: mire que éstas mismas medidas, son estas mismas, pero como son diferente líquido algunas tienen la capacidad de medir más y otras la capacidad de medir menos

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.3**

LILO: porque se demoraba más para....

SONIA: se demoraba más para ebulir, era más lento, a pesar de que la temperatura del agua era la misma

LILO: y éste lo hacía más rápido (la profesora señala el otro termómetro que tenían en la mano)

SONIA: más rápido, entonces tenía menos capacidad de medición, ¿si me hago entender?

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.6**

LILO: bueno entonces ya expusimos los criterios que tuvimos en cuenta, aquí, aparte de lo que ustedes me comentaron (la profesora se refiere y mira a Juan Carlos y Santiago) de hasta dónde subía, ellas (equipo de Sonia) también tuvieron en cuenta que un líquido ebulía más rápido o subía más rápido que otro ¿cierto?

WILDER: claro, éste no sube nada

LILO: y éste es más lento, más gradual. Miren nosotros ese día que observamos entre el aceite y el mercurio, por ejemplo cuando los poníamos en el agua caliente, que el aceite ¿qué hacía inmediatamente?

Sonia Y SANDRA: subir

LILO: en el agua caliente, eso inmediatamente subía muy rápido (hace señas hacia arriba, indicando lo rápido que lo hacía). En cambio éste (refiriéndose al mercurio) cómo subía

Sonia: era más lento

LILO: mas lento, ¿cierto?

WILDER: es que éste maneja temperatura ambiente casi

LILO: era más lento y lento. Entonces, eso tendrá repercusión en las escalas de las temperaturas ¿sí o no?

Sonia: Si, porque uno puede alcanzar más altas temperaturas que otro, aunque se esté sometiendo a la misma temperatura del líquido (señala una olla con agua, que se encuentra en la parrilla) si me hago entender

SANTIAGO: porque éste (señala el termómetro que tiene Wilder en la mano, que es el de mercurio) se puede demorar mucho más tiempo para llegar como a la misma temperatura que tiene el otro

## MEDIACIÓN ENTRE EL ESTUDIANTE Y EL PROFESOR EN EL CONCENSO DE IDEAS.

### TRANSCRIPCIÓN 7 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 18-19

LILO: pero todos tres como son  
Todos: rojos  
SANTIAGO: es que ese es el problema  
LILO: tendría que ser en el mismo...  
SONIA: grupo  
LILO: grupito que hicimos, el mismo color, pero si nos pidieran organizar las clasificaciones que hicimos ahorita, podríamos organizarlos??  
WILDER: noo clasificamos por colores y ya  
LILO: recuerden que aquí teníamos azul, aquí el rojo, el amarillo, entonces podemos coger esos grupitos y empezar a decir: mire éste es el mayor, este grupo es el menor  
SANTIAGO: ahh no no da  
WILDER, noo, tal vez por cantidad  
LILO: por qué??  
Wider y SANTIAGO: cantidad  
LILO: de color??  
SANTIAGO: no cantidad de figuras  
SANDRA: de las figuritas  
LILO: pero estamos hablando de quién?  
WILDER: del color  
SANTIAGO: también del color por que depende de la cantidad de figuras, si acá hay mas figuras azules va a ser mayor que a la amarilla  
LILO: pero entonces ahí ya no sería.....  
WILDER: seria la cantidad deeee...  
SONIA: ahí es la cantidad de figuras, mas no de color  
WILDER. La cantidad de figuras del color  
SANTIAGO: eso del color... pues  
SONIA: mejor dicho... no se puede  
SANDRA: no, no se puede  
LILO: entonces, cuál sería el único criterio para ordenar un color, ustedes ahorita lo dijeron  
WILDER: el numero  
LILO: SANTIAGO lo estaba diciendo  
SONIA: nooo que sea, pues, fuerte....  
SANTIAGO: a pues ya sea rojo oscuro, rojo claro y rojo....  
LILO: osea que tengan el mismo....  
Santigao: pues si que tengan el mismo color, pero en diferente tono, por ejemplo, rojo oscuro puede ser el mayor, rojo normal, pues ya menor y rojo claro....  
WILDER: pero ya en cada color  
SONIA: eso tiene que ser en cada color mas no en todos los colores, sino en general

### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 1

LILO: qué decíamos de las figuras, osea las formas, podemos ordenarlas o no podemos ordenarlas  
SANDRA: de las formas?  
SANTIAGO: depende también.  
LILO: si las formas, figuras recuerden que eran círculos, triángulos, cuadrados,  
SANDRA: tampoco profe, pero ya como decimos nosotros, si es, por ejemplo, si es, son todos los triángulos aparte, ya los que son más grandes serían como los más mayores así, pero de resto no

se podría.

LILO: pero esa ordenación sería por qué.... Por la figura o por que sería?

SANTIAGO : tamaño

SANDRA: por la figura

SANTIAGO Y WILDER: tamaño

LILO: sería por tamaño más no por tipo de figura

SANDRA: ahhh entonces no

SONIA: pues como sabemos que un triangulo....

WILDER: que un triangulo es mayor que un cuadrado

JUAN CARLOS: por eso (en tono de afirmación)

LILO: se podría decir eso?

VARIOS RESPONDEN: no

JUAN: por el tamaño

LILO: no se podría decir que un circulo es mayor que un cuadrado

JUAN: este cuadrado es mayor que éste cuadrado. Por qué: por que es más grande

LILO: entonces sería por la figura

JUAN: por tamaño

LILO: sería el tamaño sería la otra clasificación. ¿Por grosor podemos organizarlos?

VARIOS RESPONDEN: si

LILO: entonces cojan, ehhh varias fichitas y las organizan por grosor, ¿cómo quedarían organizadas por grosor.

## CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES

### TRANSCRIPCIÓN 10 FEB. CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN pag. 1

LILO: y cuál es la explicación del porque se puede ordenar el grosor

SANDRA: sería más mása (dudosa)

LILO: como lo ordenaron, recuerden otra vez lo que hicieron

JUAN: de mayor a menor

SONIA: un sinónimo de grosor

JUAN: puede ser formando una escala

LILO: formando una escala. Bueno. Por qué se puede ordenar éste y los colores no se podían ordenar

SANDRA: porque uno es más ancho

JUAN. Puede ser por alturas

JUAN: uno es más pequeño, otro más mediano, otro alto

SONIA: otro más ancho

JUAN: otro más angosto y así

LILO: cuál fue la palabra que ustedes me dijeron ahorita, que que hacían ustedes

VARIOS: medi

LILO: y que más dijeron

JUAN: comparar

LILO: entonces por que si se puede ordenar

SANTIAGO: si se puede ordenar, porque comparamos  
JUAN: se puede comparar o medir las fichas de acuerdo ...  
SONIA: ...para saber  
SANDRA: si se puede ordenar ...  
JUAN: de acuerdo a su forma, vea, si se puede ordenar midiendo o comparando y...  
SANDRA: midiendo o comparando. Si se puede ordenar midiendo o comparando ....  
SONIA: comparando las fichas entre si  
JUAN: para saber  
WILDER: cual es más gruesa que la otra  
SONIA: pero como vamos a utilizar otra vez la palabra grosor, sabiendo que es lo que vamos a decir. Midiendo o comparando las fichas entre si....(piensa y duda) Para saber...  
SANTIAGO: saber cuál es más ancha y de esa forma las vamos clasificando  
SONIA: cómo decimos...por ejemplo, las estamos midiendo qué... verticalmente ¿cierto? Porque estamos midiendo la altura  
SANTIAGO: para saber cual es más alta  
SONIA: si por que si decimos ancha también la podemos mirar así, cuál es más ancha

*Luego de una discusión de cómo se mide el grosor, llegan a la conclusión de que se debe decir cuál es más alta. Para ellos fue importante clarificar las ideas que tenían con respecto a que es grosor y que es alto.*

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.2**

LILO: y por qué subiría, o sea, cuando sube que pasa ¿aumentó el líquido?  
JUAN: no profe tal vez.... Eh... digamos que esto sea aceite entonces tal vez el aceite no pase porque tiene un huequito muy pequeño entonces al tener calor se dispersa, se disuelve y pasa más fácil. No se, digo yo

OJO: LEER BIEN ACERCA DE LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES, PARA DAR MAYOR RELEVANCIA A ÉSTA INTERVENCIÓN DEL ESTUDIANTE

#### **TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.9**

TATI: subió más el agua con alcohol, luego sigue el aceite de almendras y luego el agua con azúcar, y el mercurio está muy lento  
SANTIAGO: por ser tan  
SANDRA: por ser como tan pesado... ahhhh (hace una exclamación de asombro frente a una idea que no habían contemplado) min 28:40  
SANTIAGO: también eso, a si profe, entonces hay que tener en cuenta también el peso del líquido

#### **TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.3**

LILO: ¿y ese tiene que ser el punto más bajo?  
SONIA: (toma el termómetro que tenía en las manos Sandra y empieza a hablar con más propiedad) no porque también hubiese podido ser ese (señala el termómetro donde tenían marcado el punto bajo de temperatura) entonces nosotros tomamos como el punto más bajo éste ya que ni subia ni.. pues no bajaba de de acá, entonces tendría que someterse de pronto a

una temperatura más baja para poder que bajara, entonces ese ya es como para medir el frío, y de aca (vuelve a señalar el punto que tiene el termómetro marcado como el más bajo registrado en agua con hielo) hacia arriba para medir el calor. Entonces tomamos el punto cero acá, de aca hacia abajo los grados bajos y hacia arriba los grados más altos. Y éste (señala el otro termómetro) si empieza desde abajo, ya que éste baja totalmente.

**UTILIZACIÓN DE LAS PALABRAS GRADOS DE CALOR, TEMPERATURA, ESTADO (sin darle una connotación solo para la reflexión que se hace)**

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 1**

Allí, cuál era la característica o cualidad entre todos los objetos, osea, ustedes los estaban ordenando, pero esos objetos estaban clasificados según qué

SANTIAGO: la temperatura

LILO: y ustdes los ordenaron según qué

TATI: su estado de temperatura

**TRANSCRIPCIÓN 21 FEB. COTIDIANIDAD COMO PARTE HISTÓRICA DE LA ... pag. 1-2**

Con relación a la pregunta ¿Qué tipo de acciones pueden alterar el grado de calor de un objeto o un líquido?

TATI: por ejemplo éste genera fuego (se refiere a una cubeta con agua hervida)

SANTIAGO: ponerlo al fuego

TATI: aquel en el congelador (señala cubeta con hielo), porque todos son agua

SONIA: entonces la acción es ponerlo a un ambiente que altere su.... Pues...su... su estado o el estado en que estaba, por ejemplo aquí la profesora alteró los hielos, por qué, porque estaban en el congelador y...

TATI: pero entonces también alteró el agua transformándola en hielo

SONIA: y luego la volvió a alterar por que ya estaban congelados, y aquí se están descongelando porque están a una temperatura más...

TATI: temperatura ambiente

SONIA: ...más alta que la del congelador


CON RELACIÓN AL MATERIAL O TIPO DE SUSTANCIA Y CON LA CANTIDAD DE LAS SUSTANCIAS EN ITERACIÓN

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.9**

TATI: subió más el agua con alcohol, luego sigue el aceite de almendras y luego el agua con azúcar, y el mercurio está muy lento

SANTIAGO: por ser tan

SANDRA: por ser como tan pesado... ahhhh (hace una exclamación de asombro frente a una idea que no habían contemplado) min 28:40

SANTIAGO: también eso, a si profe, entonces hay que tener en cuenta también el peso del líquido

**TRANSCRIPCIÓN. Calibración de los Termómetros y Construcción de escalas. Pág.16**

TATI: el caso es que por qué este mide menos, sube menos y por qué éste sube más.

SONIA: porque el liquido tiene la capacidad de ebulir

TATI: sabiendo que son la misma temperatura, están en el mismo recipiente,

ERIKA Y SONIA: pero no son el mismo líquido

TATI: yo sé, pero ahora hay que definir por qué

SONIA: porque el uno tiene la capacidad más, la capacidad de ebulir más rápido. No es lo mismo usted poner una agua a calentar que un alcohol a evaporar

TATI: por eso no es lo mismo

SONIA: el alcohol, entonces no es lo mismo y puede que esté a la misma temperatura. Entonces el uno tiene la capacidad de ebulir, de evaporarse, más rápido que el otro, asi sea sometándolo a la misma temperatura y estén en el mismo recipiente, porque estamos hablando de líquidos diferentes.

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.1**

SONIA: nooo es que hay temperaturas más alta y temperaturas más bajas

JUAN: y hay diferentes termómetros

SANTIAGO: y depende también del material y de lo que pueda tener el termómetro (hace el gesto con sus manos del bulbo de los termómetros con los que se están trabajando)

**TRANSCRIPCIÓN. MARZO 28. PRIERA Y SEGUNDA PARTE. Reflexión conceptual acerca. Pag.3**

SONIA: si calcula, entonces por ejemplo uno subía más que otro, pero tomamos como referencia también el líquido, puede que el termómetro lo sometamos a la misma temperatura pero qué pasa: un líquido puede.... Como son diferentes líquidos uno puede ebulir más que el otro, entonces el que ebulle más rápido tiene menos capacidad de medición y el que ebulle más lento quiere decir que soporta más altas temperaturas y tiene más capacidad de medir, entonces por ejemplo, son las mismas escalas pero el uno tiene más números osea que tiene más capacidad de medir que el otro

LILO: porque se demoraba más para....

SONIA: se demoraba más para ebulir, era más lento, a pesar de que la temperatura del agua

era la misma